

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553.411:[622:911.52] © А.И.Иванов, 2014

ЭКСПРЕССНЫЙ МЕТОД ПОИСКОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТАХ

А.И.Иванов (ФГУП «ЦНИГРИ»)

Рассмотрены проблемы поисков рудного золота в сложных горно-таежных ландшафтах — на залесенных, заболоченных, покрытых курумниками склонах и водоразделах. Предложена методика экспрессного изучения делювиальных отложений с целью поисков золоторудных объектов в таких условиях: обломочного (оконтуривания делювиальных свалов рудных тел), илихового (минералогического+минералого-геохимического) и литохимического. Для обнажения делювия, его изучения и опробования применяется проходка шурфов, бульдозерных канав глубиной до 1 м, скважин пневмоударного бурения.

Ключевые слова: информативный слой делювия, шурфы, бульдозерные канавы, опробование делювия.

Иванов Анатолий Иннокентьевич, a.ivanov@tsnigri.ru

A SET OF BEDROCK GOLD-ORIENTED TECHNIQUES AND METHODS FOR EXPLORATION IN THE MOUNTAINOUS TAIGA ENVIRONMENTS

A.I.Ivanov

The paper deals with problems the bedrock gold prospectors encounter in the mountainous taiga environments, i.e., in forested, bogged, and/or felsenmeer-covered slopes and drainage divides. A set of the bedrock gold-aimed techniques and methods employing talus is recommended for usage in the environments: visual contouring of mineralized colluvium, heavy mineral techniques, talus fines geochemical sampling. In order to expose talus for further sampling and studying, pitting, air percussion drilling and bulldozer trenching are used.

Key words: informative talus horizon, pit, bulldozer trench, talus sampling.

Проявления коренной золотоносности в Бодайбинском рудном районе, расположенном в центральной части Ленской золотоносной провинции, известны с конца XIX в. В 60–80-е годы XX в. при планомерных геологоразведочных работах здесь были выявлены и оценены золоторудные месторождения Сухой Лог, Вернинское, Невское, Высочайшее, Догалдынская жила, Кавказ. В горно-таежном ландшафте рудного района все перечисленные объекты приурочены обычно к водоразделам или наиболее обнаженным близводораздельным частям склонов, где обломки пород, в том числе рудоносного кварца, часто образуют высыпки и развалы. Возможно визуальное определение в обломках пород проявлений гидротермально-метасоматических процессов. Наиболее крупные рудные месторождения в большинстве недостаточно эродированы и представлены не образующим россыпи прожилково-вкрапленным типом оруденения с мелким золотом. Исключением является месторождение Высочайшее, за счет размыва кварц-сульфидной залежи которого в основном, по-видимому, сформировалась россыпь р. Хомолхо. К очевидным источникам россыпей золота можно отнести лишь несколько рудных объектов кварцево-жильного типа в той или иной степени эродированных (Копыловское, Кавказ, зона Первенец Вернинского месторождения). Для подавляющей части россыпных месторождений коренные источники золота не установлены. Более того, в бассейнах многих долин с известными россыпными месторождениями золотая та проведёнными геологическими исследованиями не обнаружены признаки коренной золотоносности. Бодайбинский рудный район характеризуется преобладанием залесенных, задернованных, заболоченных склонов и водоразделов, где элювиально-делювиально-солифлюкционные отложения перекрыты моховым или почвенно-растительным слоем и

находящимся под ним многолет- немерзлым слоем гумусо-торфяных отложений. Общая мощность последних двух слоев иногда составляет >1 м. Такие ландшафты, присущие бассейнам многих рек с высокопродуктивными россыпями золота, занимают до 50–70% (в среднем 25–40%) общей площади района. Мощность делювиально-солифлюкционных отложений в нижних

частях склонов и седловинах обычно превышает 3–5 м (до 10–20 м). Здесь их верхние слои слагают породы, вскрывающиеся значительно выше по склону. Такие отложения перекрывают большинство рудоносных зон, образующих отрицательные или выположенные формы рельефа, развитые по породам, преобразованным при расланцевании, дроблении, железомagneзиальной карбонатизации (буропати-зации) и сульфидизации и, соответственно, более подверженным процессам выветривания.

Отсутствие положительных результатов поисковых работ 60–80-х годов XX в. на рудное золото в пределах залесенных, задернованных, заболоченных склонов и водоразделов бассейнов многих золотоносных рек обусловлено неэффективностью в этих условиях геологических маршрутов (нет возможности наблюдать и опробовать каменный материал) и литогеохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния (невозможно отобрать в пробу информативную глинистую фракцию). В итоге опосредованные территории относились к бесперспективным на выявление месторождений коренного золота. Этому способствовала бытующая точка зрения о формировании россыпей за счет размыва кор выветривания слабо золотоносных пород или разобщенных кварцевых жил. В результате к началу 90-х годов положительные прогнозные оценки в Бодайбинском рудном районе имелись лишь для флангов известных золоторудных объектов.

В 90-е годы при анализе материалов по золотоносности Бодайбинского рудного района на основе представлений о многоэтапном формировании золоторудных месторождений [3–6] были обособлены перспективы ряда участков с преобладанием залесенных, задернованных и заболоченных склонов и водоразделов, считавшихся ранее неперспективными. Прогнозирование при этом опиралось на выделение по комплексу геологических, геофизических, геохимических, космогеологических, геоморфологических и других признаков основных рудоконтролирующих структур — синклюдчатых зон расланцевания (продольных разломов) с проявлением в породах интенсивных метасоматических процессов (железомagneзиальной карбонатизации и пиритизации). В пределах таких структур в качестве перспективных были намечены узлы, где деформационные зоны пересекают благоприятные литологические горизонты и, в свою очередь, деформируются разломными и купольными структурами регионального метаморфического и сингранитного этапов.

При выделении перспективных участков значительная роль отводилась также анализу материалов по россыпной золотоносности (размерность, морфология, пробность, цвет и другие физические особенности золота, линейная продуктивность россыпей, геологическое строение коренного плотика, результаты литохимического опробования по первичным ореолам коренных пород плотика и др.). В результате в северной части Бодайбинского рудного района было выделено несколько первоочередных участков (в ранге перспективного рудного поля), а в их пределах — перспективные узлы.

Для выявления золоторудных объектов в сложных горно-таежных ландшафтных условиях был разработан *экспрессный горно-буровой минерало-геохимический метод поисков* (составная часть ППК). Предлагаемый метод основан на комплексировании известных с древних времен методов и способов изучения делювиально-элювиальных отложений с целью поисков месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых — золота, касситерита, вольфрамитов, танталониобатов и др. [10]. Он объединяет методы оконтуривания делювиальных свалов рудных тел, копушения, минералогического, минералогический, литохимический, литохимический.

Метод оконтуривания делювиальных свалов рудных тел предполагает поиски и оконтуривание свалов рудных тел в маршрутах путем систематического искаживания перспективной площади и должен сочетаться с другими методами поисков — геологической съемкой, шлиховым методом, копушением и обломочно-речным. Если склоны покрыты мхом, задернованы, то нужно произвести расчистки, просеки, снять в некоторых участках моховой покров и обследовать делювиальный шлейф для констатации в нем обломков рудных тел или обломков измененных вмещающих пород [10].

Копушение производится для отбора шлиховых проб из «...рыхлых элювиально-делювиальных отложений с целью констатации в них устойчивых к выветриванию минералов. Оно широко должно быть применено в том случае, когда рудное тело не фиксируется ни в коренном залегании, ни в виде обломков в делювии... Размер копушей, которые задаются с целью взятия из них пробы, зависит от состава делювиального материала, его мощности и глубины залегания слоя, обогащенного искомым минералом... Если копушение проводится на склоне, покрытом рыхлым материалом (дресва, глина, мелкая щебенка), то вполне достаточно копуши делать размером 0,6×0,6×0,6 м. Если на склоне делювий состоит из крупных обломков... копуши должны иметь такую глубину, чтобы был вскрыт мелкий и рыхлый материал...» [9] или «пробы отбирают с горизонтов появления песчано-глинистых примазок, способствующих concentra-

Рис. 1. Космоснимок бассейна р. Маракан:

видна обрабатываемая россыпь золота (запасы ~50 т); относительно обнаженные водоразделы, где с помощью молотка можно отобрать каменный материал (свет- лое); залесенные, задернованные и заболоченные склоны и водоразделы с много- летнемерзлым мохово-гумусовым слоем (темное)

В качестве полигона был выбран Мараканский рудный узел, где известна одна их богатейших в ре- гионе россыпей золота (рис. 1). Россыпь считалась дальнепринесенной, посколь- ку расположена среди вы- сокометаморфизованных пород, и здесь не были установлены признаки ко- ренного золотого орудене- ния [1, 2, 8].

Для использования экспрессных методов пои- сков (оконтуривания делю- виальных свалов рудных тел, шлихового минерало- гического и минералого- геохимического, а также литохимических), необхо- димо было создать про- фильную или площадную обнаженность делювиаль- ных отложений, что и бы- ции зерен тяжелых минералов» [9]. Шлиховые пробы подвергаются минералогическому анализу и в необходимых случаях минералого-геохимическо- му изучению [9].

Литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния (ВОР) в стандартном случае производится из копушей глубиной 15–20 см. Од- нако известно, что для выявления оптимального го- ризонта отбора проб следует проводить опытно-ме- тодические работы, т.е. для опробования каждого слоя почвенного профиля должен проходить шурф глубиной до 2,5 м [7].

На площадях новых золоторудных объектов, выделенных при прогнозировании в Бодайбинском рудном районе, склоны и водоразделы характеризо- вались полной или значительной закрытостью с раз- витием многолетнемерзлых моховых и гумусово- торфяных слоев значительной мощности. Стала оче- видной невозможность их изучения стандартными методами. В пределах таких территорий на поверх- ности или на небольшой (доступной для исследова- ния с помощью геологического молотка) глубине отсутствуют обломки гидротермально измененных и рудоносных пород, относительно более подвержен- ные процессам выветривания. При литохимическом опробовании по вторичным ореолам рассеяния невозможен отбор проб из информативной глини- стой фракции делювия. Поэтому возникла необходи- мость проведения опытно- методических работ для разработки эффективной методики поисков.

ло сделано с помощью горных выработок и сква- жин. На начальном этапе опытных работ изучались разрезы делювиально-солифлюкционных отло- жений путем проходки шурфов с поинтервальным по ВОР шлиховым и литохимическим опробова- нием. При проходке шурфов вручную одна из основных проблем — повсеместное развитие мно- голетней мерзлоты. Их можно было пройти, толь- ко многократно зачищая оттаявший слой делювия. Однако обычно это не приводило к успеху, так как шурфы заполнялись водой, которая не уходила иногда и в следующем полевом сезоне. Поэто- му методика была скорректирована. В таких участ- ках для снятия мохово-гумусового слоя, обна- жения верхнего слоя делювия и его протайки пред- варительно стали проходить бульдозерные ка- навы глубиной <1 м. Постепенно канавы углубля- лись до 1 м, затем в их полотне проходились шур- фы (рис. 2). В результате изучения и опробования разреза делювиально-солифлюкционных отложе- ний в канавах и шурфах установлено, что инфор- мативный слой практически повсеместно пере- крыт дальнепринесенным делювием. Причем пере- крытие чаще всего настолько полное, что на поверхности невозможно обнаружить даже жиль- но-прожилковую рудную зону I месторождения Ожерелье с насыщенностью кварцевым материа- лом до десятков процентов и мощностью в десят- ки метров (рис. 3), расположенную на крутом скло- не (18°) правого борта р. Маракан.

При мощности делю- виально-солифлюкцион- ных отложений 2–4 м ин- формативный слой делю- вия (в том числе с рудны- ми обломками) обычно пе- рекрыт дальнепринесенным делювием мощностью не менее 0,8– 1 м, а при боль- шой мощности делю- виально-солифлюкцион- ных отложений он может залегать на глубине не- скольких метров (рис. 4). Впоследствии аналогич- ная ситуация установлена на Светловском рудном поле, где мощность даль- непринесенного делювия со- ставляет 1–1,5 м. Здесь традиционное поверхност- ное площадное опробова- ние по ВОР также не дало положительных результа-

Рис. 2. Проходка шурфов глубиной 1 м (залиты водой) по бульдозерной канаве глубиной <1 м после оттайки делювия, Атырканская площадь

тов. Все три рудные зоны (прогнозные ресурсы золота категорий $P_2+P_1=130$ т) выявлены шлиховым и литохимическим опробованием из шурфов и бульдозерных канав глубиной до 1 м (рис. 5).

Перекрытость рудного делювия дальнеприносным зафиксирована и в других районах — Западном Прибайкалье, Во-

сточном Саяне на Аройском и Игнокском рудных полях. Причем на Аройском рудном поле гидротермально измененные породы и рудные зоны перекрываются крупноглыбовым курумником, перемещенным вниз по склону на многие сотни метров (рис. 6). При этом в его составе сохранились наименее измененные породы. Соответственно, и вторичные ореолы рассеяния Au, Ag, As в таких случаях выявляются только опробованием в шурфах и бульдозерных канавах глубиной до 1 м.

В итоге опытно-мето-

стадии поисков, наряду с традиционными методами, были включены: проходка в элювиальных и делювиально-солифлюкционных отложениях шурфов глубиной 1 м (и более) с комплексом опробования (шлиховое, точечное, литохимическое по первичным ореолам и вторичным ореолам рассеяния) дических исследований в комплекс работ на первой

Рис. 3. Месторождение Ожерелье, рудная зона 1:

в полотно канавы видны субгоризонтальные золотоносные кварцевые жилы (светлое)

Рис. 4. Месторождение Ожерелье, рудная зона 4:

рудная зона 4 — темно-серое в полотне и бортах канавы, реальная окраска пород зоны рыже-бурая; в борту канавы рудный делювий (темно-серое) вскрывается в самой нижней части чехла делювиально-солифлюкционных отложений и перекрыт дальнеприносным (светло-серое) ной до 1 м и более с по- следующей проходкой в интервалах с рудоносны- ми породами шурфов с комплексом опробования для локализации конт- растных шлиховых и ли- тохимических ореолов и последующего их изуче- ния канавами. В участках с повышенной мощно- стью делювиально-соли- флюкционных отложений (до 10–25 м) для определе- ния мест выхода на по- верхность коренных по- род оказалось эффектив- ным ударно-канатное и пневмоударное бурение.

Для пневмоударного бурения был переобору- дован станок БТС-150 по аналогии с импортными буровыми станками, опыт применения которых изу- чался в Монголии в фир- (рис. 7); проходки на залесенных, задернованных,

заболоченных, закрытых курумовыми развалами склонах и водоразделах бульдозерных канав глуби-

Рис. 5. Светловское рудное поле, рудная зона Дорожная:

ме «Centerragold». На этом станке, предназначен- ном для бурения на карьерах скважин для взрывных работ, была увеличена глубина бурения до 40–70 м,

усовершенствованы при- емный бункер для сбора шлама и система сбора шлама (выход шлама до 95%) (рис. 8). Бурение осуществлялось коронкой диаметром 132 мм метро- выми интервалами, каж- дый интервал документи- ровался (включая фотодо- кументацию) и опробовал- ся. Все пробы из делювия промывались (масса про- бы 28–36 кг), шлихи нап- равлялись на минералогиче- ский анализ. Коренные породы документирова- лись, особое внимание уделялось гидротермаль- но-метасоматическим из- менениям. Материал проб из потенциально рудных интервалов направлялся рудный делювий (темно-серое в полотно и бортах канавы) перекрыт дальнепринос- ным; для локализации рудной зоны сначала была пройдена широкая бульдозерная канава глубиной до 1 м, а по ней пройдены шурфы, вскрывшие рудный делювий на полное дробление с последующими отбором навесок для аналитиче-

ских работ и промывкой оставшегося материала для минералогического анализа тяжелой фрак- ции. По результатам буре- ния составлялись разрезы с разноской аналитиче- ских данных и сведений по проявлению гидротер- маль но -мет асоматич е - ских процессов, в том числе в делювиальных обломках, геологическая карта поверхности корен- ных пород с выносом на нее рудоносных зон. На рис. 4 представлена кана- ва, вскрывшая рудную зону, выявленную сква- жинами БТС-150 по золо- тоносности делювия (шлиховое опробование) и в коренных породах.

Рис. 6. Проходка бульдозерной канавы (пунктир) глубиной до 1 м на крутом склоне с крупноглыбовым курумником, Аройское рудное поле

Следует отметить, что первоначально для изучения золотоносности делювиально-солифлюкционных отложений использовалось ударно-канатное бурение, давшее положительные результаты. На пневмоударное бурение оно было заменено из-за преимуществ последнего: более высоких скоростей проходки; возможности высокопроизводительного бурения по коренным породам; получения в полном объеме шлама, по которому можно изучать структуры делювиального и коренного разрезов; отсутствия потерь и просаживания золота при бурении. Однако пневмоударное бурение, эффективное по многолетнемерзлым породам, затруднено в таликовых разрезах и неэффективно при значительных водопритоках. В таких случаях использовалось ударно-канатное или колонковое бурение.

Итак, проходка шурфов, бульдозерных канав глубиной до 1 м и буровых скважин позволяет изучать делювиально-солифлюкционные отложения и выявлять в них обломки гидротермально измененных и рудоносных пород, проводить шлиховое и литохимическое опробование по первичным и вторичным потокам рассеяния. В связи с этим в боль-

Рис. 7. Рудная жильно-прожилковая зона и шлиховой ореол золота, выделенные по результатам шлихового и литохимического опробования вторичных ореолов рассеяния по верхним (а) и нижним интервалам шурфов (б) в восточной части зоны Дорожная, Светловское рудное поле:

серое — рудная зона; черные точки — места отбора литохимических проб по вторичным ореолам рассеяния по меридиональным профилям (а) и из шурфов (б); в черных прямоугольниках — аномальные содержания Au, г/т, в светлых — As, %; пунктир — шлиховой ореол Au с содержаниями 0,1–6,0 г/м³

Рис. 8. Пневмоударное бурение станком БТС-150 в Бодайбинском рудном районе

с ее использованием открыто Аройское месторождение (запасы поставлены на госбаланс), а в Западном Прибайкалье продолжается изучение выявленного Мало-Миндейского рудопоявления. Ознакомиться с подробным изложением экспрессного горно-бурового минералого-геохимического метода поисков, в том числе с характеристиками рекомендуемых видов работ и последовательностью поисков рудного золота в сложных ландшафтных условиях можно во ФГУП «ЦНИГРИ».

В большинстве случаев на первом этапе изучения отсутствует необходимость дообработки до коренных пород шурфов и бульдозерных канав глубиной до 1 м, что значительно ускоряет и удешевляет процесс поисков. Конечная цель проходки шурфов, бульдозерных канав глубиной до 1 м — оконтуривание выхода на поверхность золотоносных зон коренных пород для дальнейшего их целенаправленного изучения минимальным объемом канав и скважин.

Таким образом, выделение рудоконтролирующих структур в пределах залесенных, задернованных и заболоченных склонов и водоразделов (см. рис. 1, 2) при прогнозной оценке, изучение разведочных данных по россыпи р. Маракан позволили сделать вывод о наличии достаточно контрастных рудных источников и, применяя экспрессный метод поисков, локализовать участки питания россыпи. Апробация метода в Мараканском рудном узле привела к открытию месторождений Ожерелье и Ыканское, запасы которых поставлены на госбаланс. Ведутся добычные работы. Применение данной методики прогноза и поисков дало возможность в течение нескольких лет выявить также месторождение Верхне-Угаханское (отчет с подсчетом запасов подготовлен для передачи в ГКЗ), рудные поля Светловское, Атырканское, Зоринско-Широкинское, Петровское с установленными рудными зонами и апробированными прогнозными ресурсами категорий P_1 и P_2 . В Восточных Саянах

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буряк В.А. *Метаморфогенно-гидротермальный тип промышленного золотого оруденения*. – Новосибирск: Наука, 1975.
2. Буряк В.А. *Метаморфизм и золотое оруденение // Метаморфогенное рудообразование низкотемпературных фаций и ультраметаморфизма*. М., 1981. С. 31–48.
3. *Докембрий Патомского нагорья* / А.И.Иванов, В.И.Лифшиц, О.В.Перевалов и др. – М.: Недра, 1995.
4. *Иванов А.И. Закономерности формирования линейной складчатости северной части Байкало-Патомского нагорья*: Автореф... канд. геол.-минер. наук. – Иркутск, 1984.
5. *Иванов А.И. Закономерности формирования золото-рудных месторождений Бодайбинского рудного района и новые аспекты их поисков // Разведка и охрана недр*. 2004. № 8–9. С. 17–23.

6. *Иванов А.И.* Основные черты геологического строения и золотоносность Бодайбинского рудного района // Руды и металлы. 2008. №. 3. С. 43–61.
7. *Инструкция* по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1983.
8. *Ленский* золотоносный район / Ю.П.Казакевич, С.Д.Шер, Т.П.Жаднова и др. // Тр. ЦНИГРИ. 1971. Вып. 85. Т. 1.
9. *Поиски* золоторудных месторождений шлиховым минералого-геохимическим методом. – М.: ЦНИГРИ, 1986.
10. *Руководство* по ведению геологоразведочных работ. – Магадан, 1949.