УДК 553.411
© Коллектив авторов, 2017

Особенности поисков золоторудных месторождений в районах развития делювиальных курумовых развалов

А.И.ИВАНОВ, В.Д.КОНКИН (Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ); 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1),
Ю.Л.АГЕЕВ, В.Г.МОЛОЧНЫЙ (ООО «Сибирская геологическая компания», «СибГК»; 664019, г. Иркутск, ул. Освобождения, д. 131)

Рассмотрены основные проблемы поисков золоторудных месторождений в районах развития делювиальных курумовых развалов (курумников) в связи с перекрытостью информативного (ближнего сноса) слоя делювия дальнеприносными делювиальными отложениями. Показана низкая эффективность литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния в традиционном «поверхностном» варианте. Обоснована необходимость использования при поисках горных выработок различного типа для вскрытия и изучения информативного слоя делювия в пределах прогнозируемых рудоносных структур.
Ключевые слова: курумники, информативный слой делювия, дальнеприносной делювий, горные выработки, литохимическое опробование, шлиховое опробование, минерализованные зоны, рудные зоны.

Иванов Анатолий Иннокентьевич a.ivanov@tsnigri.ru
Конкин Виктор Дмитриевич konkin@tsnigri.ru
Агеев Юрий Леонидович sibgk@sibgk.ru
Молочный Василий Григорьевич sibgk@sibgk.ru

Features of prospecting for gold deposits within areas of deluvial boulder stream development

A.I.IVANOV, V.D.KONKIN (Federal State Unitary Enterprise Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, FSUE TsNIGRI),
Yu.L.AGEEV, V.G.MOLOCHNY (OJSC Siberian Geological Company)

The paper discusses main problems of prospecting for gold deposits within areas of deluvial boulder stream development due to overlapping of informative (nearby removal) deluvium layer by far-supplied deluvial sediments. Poor efficiency of lithochemical sampling over secondary dispersion haloes by traditional “surface” methods is shown. The need to use various workings in prospecting to strip and study the informative deluvium layer within predicted ore-bearing structures is substantiated.
Key words: boulder streams, deluvium informative layer, far-supplied deluvium, workings, lithochemical sampling, heavy concentrate sampling, mineralized zones, ore zones.

В процессе выполнения геологоразведочных работ в пределах Аройского (Восточные Саяны) и Мало-Конкудерского (Байкало-Патомское нагорье) рудных полей (ООО «Сибирская геологическая компания» с участием ФГУП ЦНИГРИ) была апробирована методика поисков золоторудных месторождений в сложных ландшафтных условиях [1–3] в пределах районов развития делювиальных курумовых развалов (курумников). В результате на территории Аройского и Мало-Конкудерского рудных полей выявлены Аройское золоторудное месторождение (Аройское рудное поле) и серия потенциально-промышленных рудных зон. В пределах этих рудных полей известны промышленные россыпи золота, однако проведенные ранее традиционными методами поисковые работы не привели к выявлению потенциально-промышленного оруденения.

Основа методики поисков золоторудных месторождений в сложных ландшафтных условиях – комплексирование известных с древних времен методов и способов изучения делювиально-элювиальных отложений с целью поисков месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых (золота, касситерита, вольфрамита, тантало-ниобатов и др.), охарактеризованных во многих учебных пособиях и ряде методических руководств [5, 6 и др.]. Методика объединяет в себе методы: обломочный (оконтуривания делювиальных

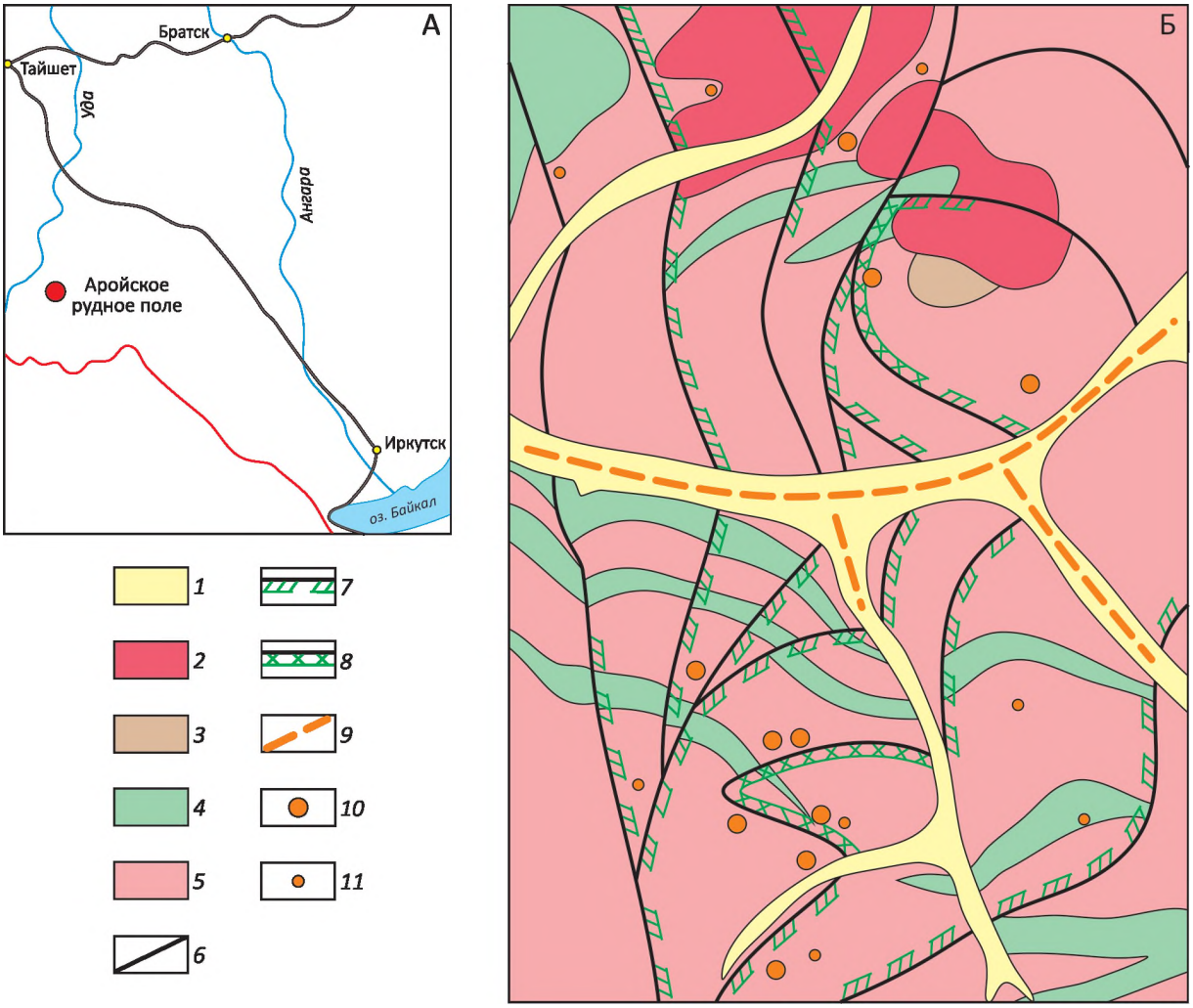

Рис. 1. Схема расположения (А) и схематизированная геологическая карта (Б) центральной части Аройского рудного поля (Восточные Саяны):

1 – четвертичные аллювиальные отложения; *2–3* – девонские образования: *2* – гранодиорит-порфиры, *3* – конгломераты; *4–5* – раннепротерозойские образования: *4* – метабазиты, *5* – гнейсы и гранито-гнейсы; *6* – основные разломы; зоны: *7* – минерализованные и *8* – рудные; *9* – россыпи золота; *10–11* – точечные аномалии по результатам литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния (глубина отбора проб до 0,3 м) с содержанием золота (в г/т): *10* – 0,1–0,3 и *11* – 0,01–0,1

свалов рудных тел), копушения, минералогический (+ минералого-геохимический), литохимический. Ее особенностью является необходимость вскрытия и изучения информативного делювия ближнего сноса, который во многих случаях перекрыт дальнеприносными отложениями. Соответственно, изучение и опробование дальнеприносных отложений не приводит к выявлению поисковых признаков перекрытых минерализованных и рудных зон.

Такими дальнеприносными отложениями, перемещенными часто на многие сотни метров, в большинстве случаев являются крупноглыбовые курумники на крутых склонах (отложениями ближнего сноса могут быть элювиально-делювиальные курумники на узких субгоризонтальных водоразделах). Особенность таких курумников – преобладание «окатанных» глыб и более мелких обломков (без острых углов), что свойственно в целом и всем дальнеприносным делювиальным и делювиально-солифлюкционным отложениям. Соответственно, такие курумники состоят из глыб только наименее измененных пород, а минерализованные породы и руды, вследствие большей подверженности физическому и химическому выветриванию, в делювиальном процессе быстро измельчаются и в курумниках практически не сохраняются.

Метод оконтуривания делювиальных свалов рудных тел предполагает поиски и оконтуривание свалов рудных тел в маршрутах путем систематического

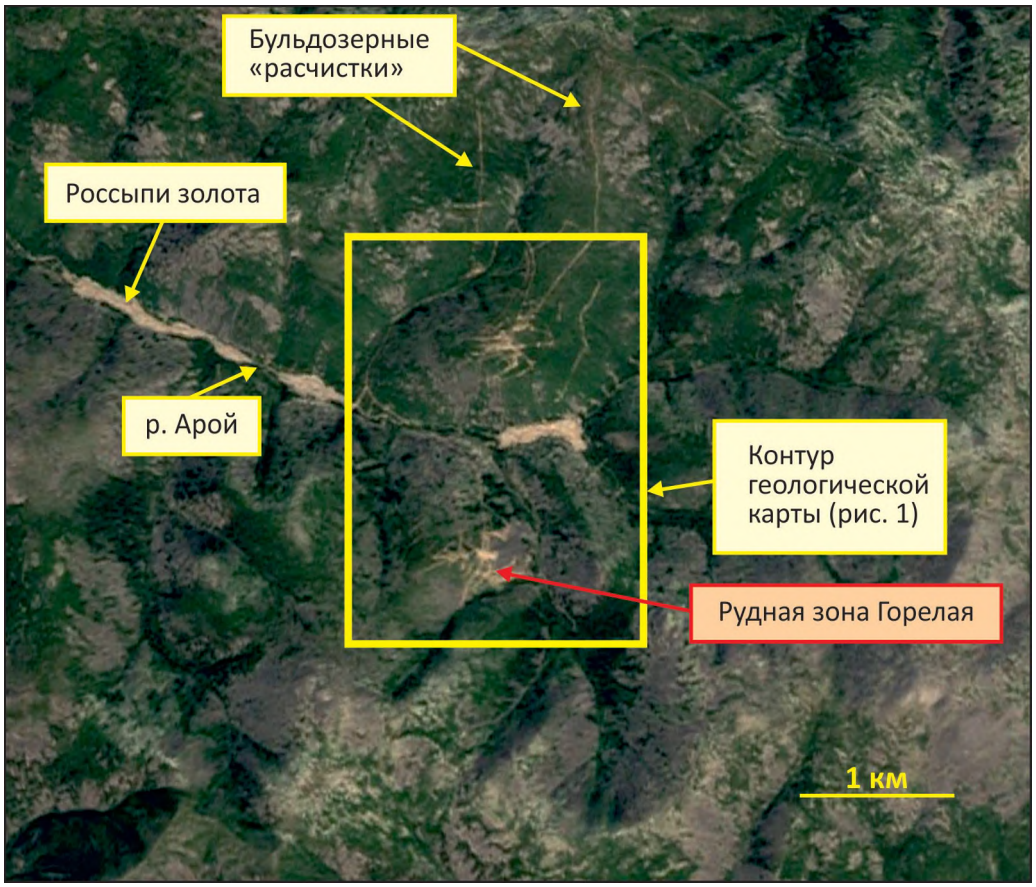

Рис. 2. Космоснимок Аройского рудного поля:

светлый фототон – курумники «открытые», зеленый – залесенные

исхаживания перспективной площади. «Если склоны закрыты мхом, задернованы, то нужно произвести расчистки, просеки, снять в некоторых участках моховой покров и произвести наблюдения над делювиальным шлейфом с целью констатации в нем обломков рудных тел или обломков измененных вмещающих пород» [6, с. 166, 167]. При этом предполагается, что изучается делювий ближнего сноса, основой которого являются остроугольные обломки пород. При изучении в геологических маршрутах дальнеприносных курумников лишь в благоприятных случаях возможно выявление в той или иной степени измененных пород, что может помочь принципиально определить возможные типы золоторудной минерализации. Систематическое же исхаживание площади с целью поисков, как правило, нецелесообразно. Тем не менее, метод оконтуривания делювиальных свалов рудных тел является одним из ведущих при поисках и в районах развития курумовых развалов, но применяется он при документации горных выработок, вскрывших делювий ближнего сноса (информативный слой).

Копушение традиционно 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…» [6, с. 170–174], либо «пробы отбирают с горизонтов появления песчано-глинистых примазок, способствующих концентрации зерен тяжелых минералов» [5, с. 16]. Шлиховые пробы подвергаются минералогическому анализу и, в необходимых случаях, минералого-геохимическому изучению [5].



Рис. 3. Крупноглыбовый курумник на крутом склоне. Аройское рудное поле:

видны курумовые «реки»



Рис. 4. Бульдозерная «расчистка» для вскрытия информативного слоя делювия (см. рис. 3):

в руках геологов – обломки рудного кварца; «свисающий» мох – место, где высыпался при проходке «расчистки» дальнеприносной окатанный делювий («сыпун»)

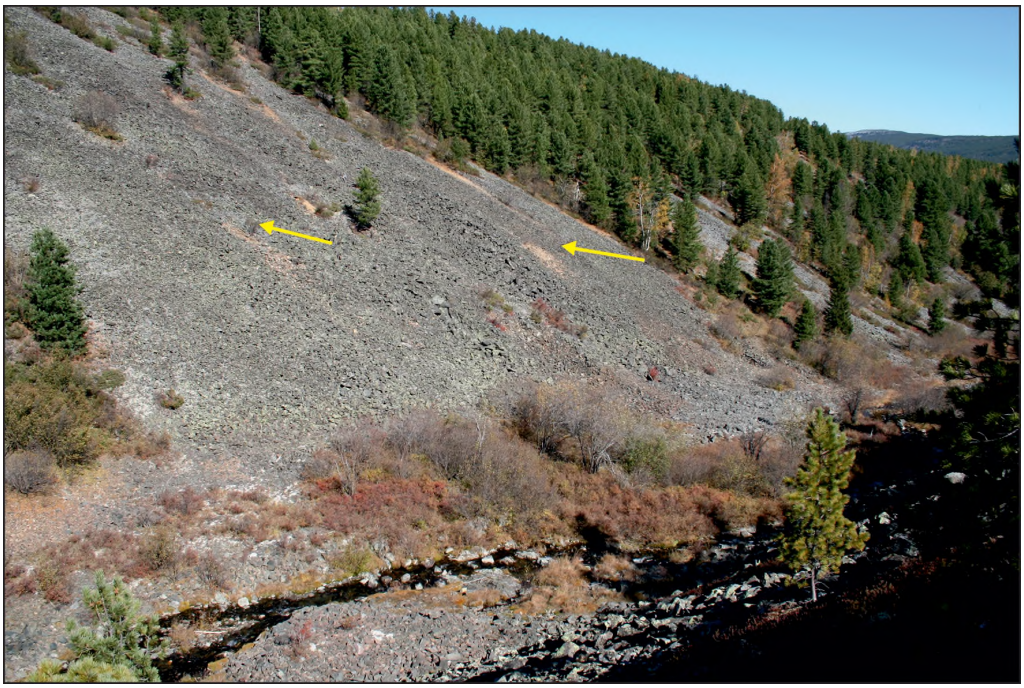

Рис. 5. Проходка шурфов глубиной 1 м в курумниках. Аройское рудное поле:

светлым цветом выделяются выкиды из шурфов (показаны желтыми стрелками)



Рис. 6. Рудная зона Горелая, перекрытая дальнеприносным делювием

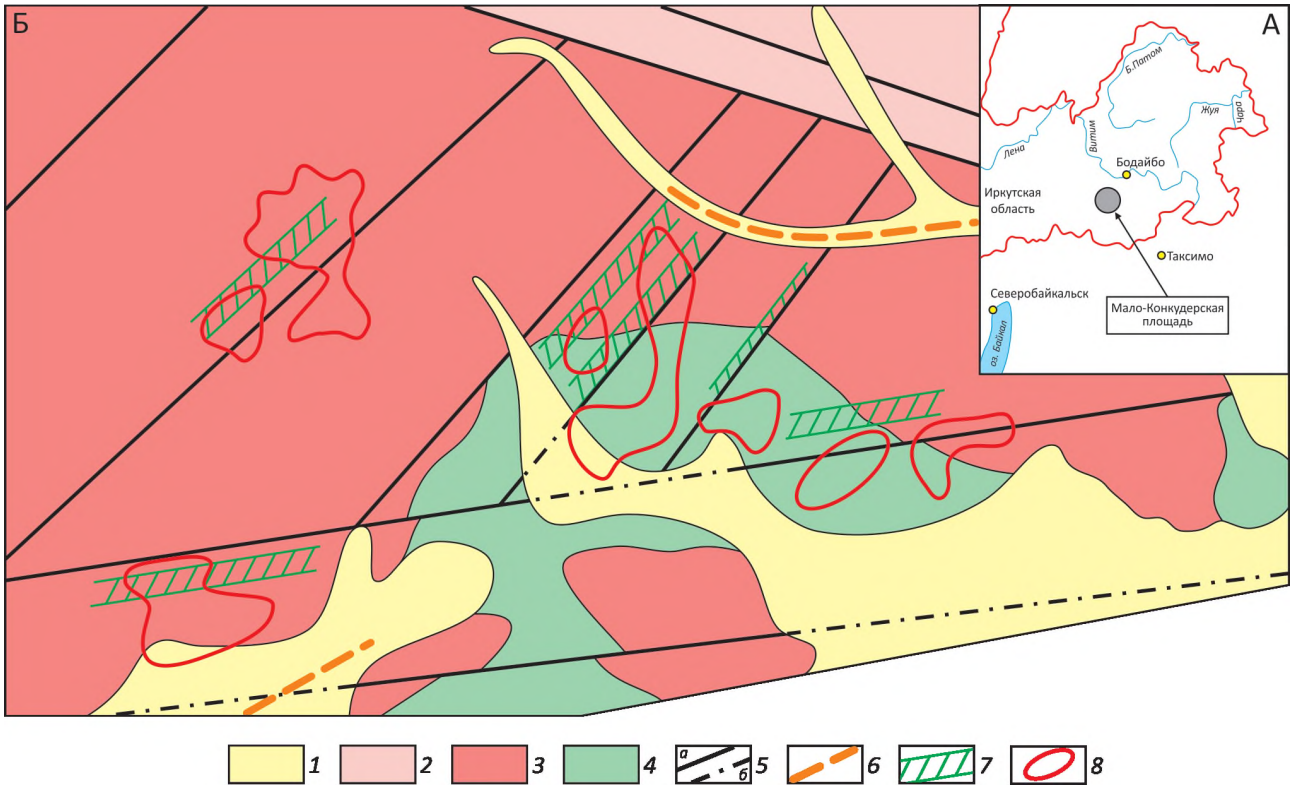

Рис. 7. Схема расположения (А) и схематизированная геологическая карта (Б) центральной части Мало-Конкудерского рудного поля (Байкало-Патомское нагорье):

1 – четвертичные аллювиальные отложения; *2* – вендские конгломераты, песчаники; *3–4* – верхнерифейские образования: *3* – граниты, *4* – метабазиты; *5* – основные разломы (*а*), в том числе перекрытые четвертичными отложениями (*б*); *6* – россыпи золота; *7* – минерализованные золотоносные зоны, в пределах которых выявлены рудные зоны; *8* – аномалии золота по результатам литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния (глубина отбора проб до 0,3 м) с содержанием 0,01 – 0,08 г/т, в единичных пробах – 0,1 – 0,3 г/т

В случае проведения поисков в районах развития дальнеприносных курумовых развалов для вскрытия и опробования информативного слоя делювия необходима проходка более «тяжелых» горных выработок – шурфов, причем при поисках золота глубина их должна быть не менее 1 м [1–3].

Литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния (ВОР) в стандартном варианте производится из копушей глубиной 15–20 см, однако известно, что для выявления оптимального горизонта отбора проб должны проводиться опытно-методические работы – проходиться шурф глубиной до 2,5 м для опробования каждого слоя почвенного профиля [4, с. 76, 78]. К сожалению, часто при поисках в сложных ландшафтных условиях, в том числе в районах развития дальнеприносных курумовых развалов, опытные работы не проводятся, и опробование осуществляется в стандартном варианте из верхнего дальнеприносного слоя делювия. Поэтому в результате такого опробования в лучшем случае могут быть зафиксированы ареалы или сильно смещенные по склону слабоконтрастные ореолы, использовать которые для вскрытия в коренном залегании минерализованных и рудных зон не представляется возможным. Именно такие результаты были получены в пределах Аройского и Мало-Конкудерского рудных полей при предшествующих работах. Поэтому, как и при использовании обломочного и шлихового методов, эффективным может быть только отбор проб по ВОР из информативного слоя делювия. Из этого же слоя проводится литохимическое опробование по первичным ореолам (ПО) – опробуются обломки измененных и минерализованных пород.

При мощности делювиальных и делювиально-солифлюкционных отложений в 2–4 м обычно информативный слой делювия (в том числе с рудными обломками) перекрыт дальнеприносным делювием мощностью не менее 0,8–1,0 м, а при большой мощности делювиально-солифлюкционных отложений он может залегать на глубине нескольких метров [1–3]. Поэтому для вскрытия информативного слоя делювия и его



Рис. 8. Космоснимок Мало-Конкудерской площади:

светлый фототон – курумники «открытые», зеленый – залесенные

изучения и опробования необходима проходка горных выработок – бульдозерных «расчисток» (канав глубиной 1–3 м для вскрытия разреза делювия) и (или) шурфов (также для вскрытия разреза делювия).

Аройское рудное поле (рис. 1), в пределах которого почти сто лет назад началась отработка россыпей золота, расположено в Восточных Саянах и характеризуется развитием крутосклонного рельефа с отметками водоразделов 1500–1800 м (рис. 2). В геологическом строении принимают участие раннепротерозойские высокометаморфизованные осадочно-вулканогенные образования (гнейсы, амфиболиты и др.), гранитизированные и прорванные гранитоидами девонского возраста (см. рис. 1). На склонах развиты крупноглыбовые курумники, часто образующие даже «реки», перемещенные на многие сотни метров вниз по склону (рис. 3). В связи с этим в его составе сохранились наименее измененные безрудные, соответственно более «крепкие», породы. Так как безрудный курумник перекрывает гидротермально-измененные породы – минерализованные и рудные зоны, то в результате проведения литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния в стандартном варианте были выявлены только редкие точечные слабоконтрастные аномалии золота и мышьяка (см. рис. 1). Следует отметить, что до 20% проб просто не удалось отобрать из-за невозможности «добраться» в курумнике до глинистой фракции делювия. Геологические маршруты, в связи с развитием дальнеприносного курумника, оказались малоэффективны не только для поисков, но и для детального картирования участка. Поэтому построение геологической карты участка в значительной степени основывалось на геофизических данных, прежде всего магниторазведочных – амфиболиты, гнейсы, гранитоиды различаются по характеру магнитного поля. В связи с тем, что в курумниках иногда сохраняются обломки золотоносного кварца, которые обнаруживаются в геологических маршрутах, ранее были установлены отдельные незакономерно расположенные (смещенные на значительное расстояние от коренного источника) штуфные пробы с довольно высокими содержаниями золота.

В связи с вышесказанным, для локализации коренных источников россыпей и золотосодержащих штуфных проб одной из первоочередных задач являлось вскрытие информативного (ближнего сноса) делювия и выявление прямых поисковых признаков – обломков оруденелых и минерализованных пород, шлиховых ореолов и литохимических аномалий золота. Это оказалось возможным только с применением горных выработок – бульдозерных «расчисток» и шурфов (рисунки 4 и 5). При их документации, шлиховом и литохимическом опробовании информативного слоя делювия были локализованы потенциально-золоторудные минерализованные зоны, которые для выделения рудных зон вскрывались канавами в коренном



Рис. 9. Мало-Конкудерская площадь – типовые условия поисков:

верхняя часть делювия представлена дальнеприносным курумником (А – видны курумовые «реки»; Б – проходка канавы)

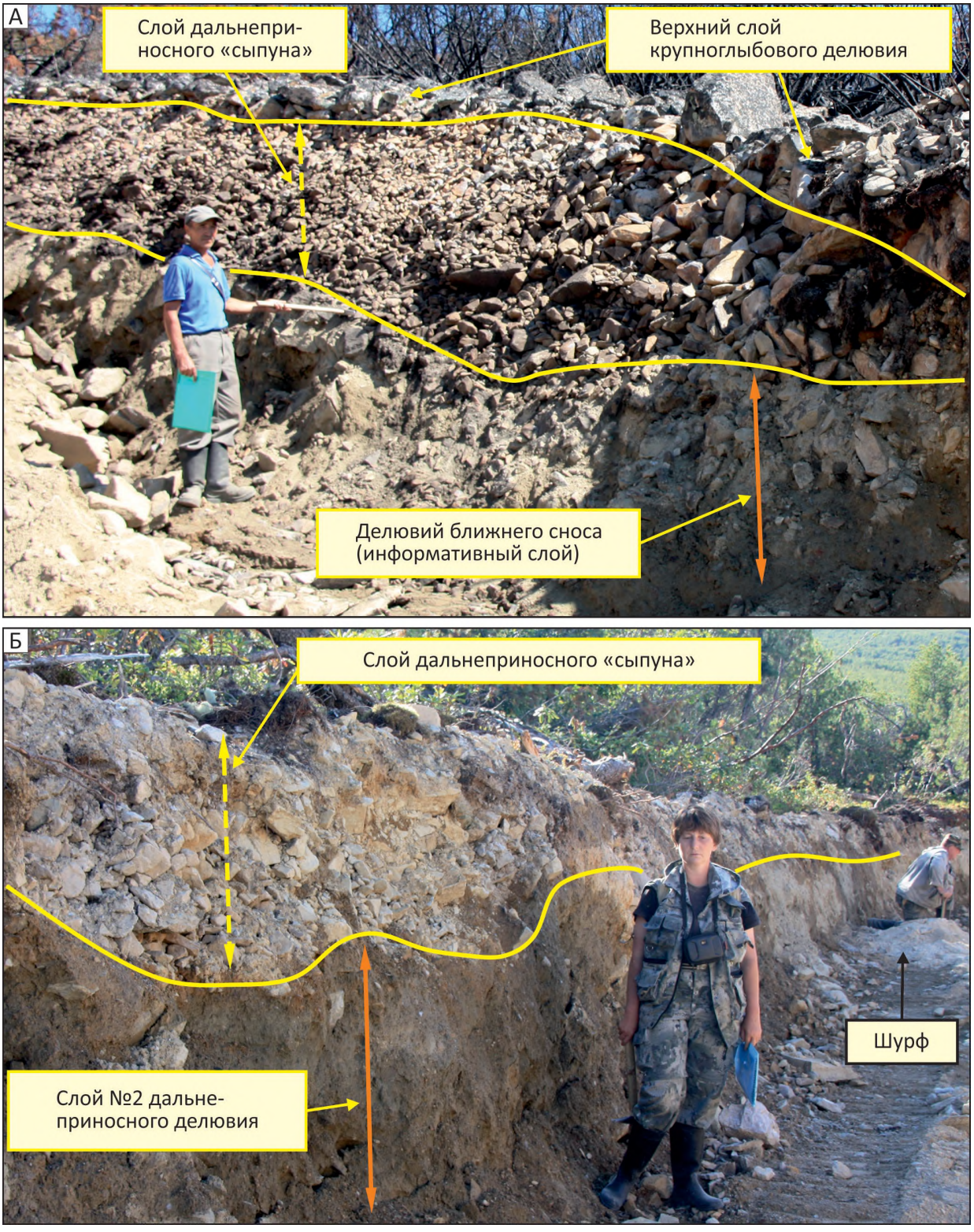

Рис. 10. Типичный разрез делювиальных отложений в участках, закрытых сверху курумником (А) и заросших кедровым стлаником (Б):

на А и Б виден слой дальнеприносного «сыпуна» с хорошо окатанными обломками пород; на Б – второй слой дальнеприносного делювия с песчано-глинистой фракцией (виден шурф глубиной 4 м, вскрывший только этот дальнеприносной делювий с окатанными обломками)



Рис. 11. Рудная зона, вскрытая канавой под слоем дальнеприносного делювия

залегании и прослеживались на глубину скважинами колонкового бурения. Следует особо подчеркнуть, что в связи с трудоёмкостью и значительной стоимостью проходки линий шурфов и бульдозерных «расчисток», они закладываются только для пересечения предполагаемых минерализованных зон, прогнозируемых на основе комплексного анализа всех материалов. Лишь в тех случаях, когда имеющихся геолого-геофизических материалов недостаточно для локализации золотоносных структур в бассейнах золотоносных рек, на первом этапе поисков проходятся линии шурфов или бульдозерные «расчистки» в нижних частях склонов для локализации участков поступления золота в россыпь.

В результате поисковых работ на Аройском рудном поле выявлена и прослежена по простиранию и падению рудная зона Горелая (см. рис. 2), представляющая собой зону рассланцевания с проявлением интенсивных березитоидных изменений (железомагнезиальная карбонатизация, мусковитизация, пиритизация) и золотосульфидно-кварцевым прожилкованием, по которой участками развивается линейная золотоносная кора выветривания. По этим причинам рудная зона на всем своем протяжении перекрыта чехлом дальнеприносного безрудного делювия (рис. 6), поэтому ее и не удалось выявить при предшествующих работах. В результате работ в пределах рудной зоны Горелая подсчитаны и поставлены на Госбаланс запасы категории C_2 рудного золота и серебра (как сопутствующего компонента), а в целом в пределах рудного поля по выявленным рудным зонам оценены и апробированы прогнозные ресурсы золота категорий P_1 и P_2.

Мало-Конкудерское рудное поле расположено в центральной части Байкало-Патомского нагорья в междуречье рек Малая Конкудера и Икибзяк (рисунки 7 и 8). Ее территория характеризуется крутосклонным рельефом с отметками водоразделов 1300–1600 м. На склонах и водоразделах развиты курумниковые делювиальные развалы и «реки» (см. рисунки 8 и 9), мощность делювия составляет обычно несколько метров. В геологическом строении участвуют верхнерифейские амфиболиты (метабазиты), прорванные верхнерифейскими гранитоидами. И те, и другие характеризуются высокой устойчивостью к выветриванию, в связи с чем и почти повсеместно формируют курумники. В пределах рудного поля отрабатываются и подготавливаются к отработке россыпи золота. С 1970-х годов были известны отдельные штуфные пробы из окатанных делювиальных обломков кварца среди курумников с высокими содержаниями золота, также была вскрыта канавой (на водоразделе с небольшой мощностью элювиально-делювиальных отложений) одна маломощная жила кварца с видимым золотом. В результате проведения площадного литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния были установлены

лишь слабоконтрастные ареалы золота без явных аномальных эпицентров (см. рис. 7). Проходка канав на курумниковых склонах для поисков источника кварцевых золотоносных окатанных обломков дала отрицательный результат.

Поисковые работы, проведенные ООО «Сибирская геологическая компания» с методическим сопровождением ФГУП ЦНИГРИ, позволили выявить серию золотоносных минерализованных зон (березиты и лиственитты), а в их пределах – рудных зон с золото-сульфидно-кварцевым прожилкованием с промышленными параметрами. На первом этапе были проведены опытно-методические работы, показавшие, что практически повсеместно на склонах информативный слой делювия перекрыт одним или несколькими слоями дальнеприносного делювия (см. рисунки 9, 10 и 11). Причем, как и на Аройском рудном поле, практически повсеместное распространение под крупноглыбовым курумником или непосредственно сверху имеет слой делювия с окатанными обломками практически без песчано-глинистой составляющей (см. рисунки 4 и 10), вследствие чего он легко ссыпается с бортов горных выработок при их проходке («сыпун»). Именно это обстоятельство объясняет ареальный не локализованный характер вторичных ореолов рассеяния, полученных в результате применения традиционной методики опробования (с глубины 15–20 см), так как опробование проводилось именно из этого слоя. Соответственно, были неудачными попытки поисков рудных жил по обломкам золотоносного кварца в верхнем (дальнеприносном) слое делювия.

При работах ООО «Сибирская геологическая компания» на первом этапе поисков для вскрытия информативного делювия и подсечения сноса минерализованных пород с целью выявления минерализованных зон были пройдены бульдозерные «расчистки» и шурфы с комплексом опробования – шлихового и литохимического по вторичным и первичным ореолам рассеяния. По результатам работ первой стадии были намечены рудоносные структуры, на второй стадии работ вкрест простирания которых по определенной сети проходились бульдозерные «расчистки» и шурфы для локализации эпицентров шлиховых и литохимических ореолов для последующего их вскрытия канавами в коренном залегании и прослеживания по простиранию и падению (третья стадия). В результате поисковых работ выявлены рудные зоны с промышленными параметрами (зона на рис. 11 имеет мощность около 15 м при средних содержаниях около 5 г/т) и оценены прогнозные ресурсы категорий P_1 и P_2.

Таким образом, на Аройском и Мало-Конкудерском рудных полях геологоразведочные работы проводились по методике поисков золоторудных месторождений в условиях закрытых ландшафтов [1–3], основанной на комплексировании известных методов и способов изучения информативного слоя делювиально-элювиальных отложений, вскрываемого горными выработками, в целях поисков месторождений золота – обломочного (оконтуривание делювиальных свалов рудных тел), минералогического (+ минералого-геохимического), литохимического. При этом была применена трехстадийная методика поисков, которая может быть рекомендована для применения в подобных ландшафтных обстановках.

На *первой стадии* в комплекс работ входят: геологические маршруты в местах с минимальной мощностью рыхлых отложений (имеется вероятность «выхода на поверхность» информативного слоя делювия); проходка шурфов и бульдозерных «расчисток» для создания профильной или площадной обнаженности делювиальных отложений для их изучения и выявления информативного слоя; опробование информативного слоя – шлиховое, точечное, литохимическое по первичным ореолам и вторичным ореолам рассеяния; площадные и профильные геофизические работы для уточнения структуры рудного поля.

На *второй стадии* для локализации эпицентров выявленных шлиховых и литохимических ореолов проходятся бульдозерные «расчистки» по определенной сети вкрест простирания рудоносных структур для вскрытия информативного слоя делювия, выделения минерализованных зон, их вскрытия шурфами до коренных пород со шлиховым, литохимическим и другими видами опробования всего разреза делювиальных отложений, локализации положения потенциально рудных зон.

На *третьей стадии* эпицентры выявленных ореолов вскрываются канавами. Установленные рудные зоны прослеживаются по простиранию канавами и на глубину – скважинами колонкового бурения с проведением соответствующего стандартного комплекса опробования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов А.И.* Закономерности формирования золоторудных месторождений Бодайбинского рудного района и новые аспекты их поисков // Разведка и охрана недр. 2004. № 8–9. С. 17–23.
2. *Иванов А.И.* Опыт прогнозирования, поисков и оценки новых золоторудных месторождений в Бодайбинском районе // Отечественная геология. 2008. № 6. С. 11–16.
3. *Иванов А.И.* Золото Байкало-Патома (геология, оруденение, перспективы). – М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2014.
4. *Инструкция* по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М.: «Недра», 1983.
5. *Поиски* золоторудных месторождений шлиховым минералого-геохимическим методом. – М.: ЦНИГРИ, 1986.
6. *Руководство* по ведению геологоразведочных работ. – Магадан, 1949.