

Перспективы коренной золотоносности юга Сибирской платформы по результатам изучения морфо-геохимических особенностей шлихового золота

Приведены сведения о геологическом строении и полезных ископаемых южной части Сибирской платформы. Дана краткая характеристика шлиховых и коренных проявлений золота, распространённых в этом регионе. На основе исследования морфо-геохимических свойств шлихового золота с использованием электронной микроскопии выделены четыре его типа. Сделаны выводы о предполагаемых коренных источниках различных типов шлихового золота. С использованием ретроспективных данных и на основании собственных морфо-геохимических исследований шлихового золота охарактеризованы Усть-Илимская, Черноречинская и Бураевская золотоносные площади и определены их перспективы на выявление коренных золоторудных месторождений различных генетических типов.

Ключевые слова: платформа, траппы, долериты, туфы, диатрема, угольный бассейн, глубинный разлом, внутриконтинентальные палеорифты, шлиховое золото, коренные проявления, перспективные площади.

ЧЕТВЕРТАКОВ ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, инженер¹, chetvertakov.van@yandex.ru

ИВАНОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, заместитель директора¹, aivanov@crust.irk.ru

МИХЕЕВА ЕКАТЕРИНА АНДРЕЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, младший научный сотрудник¹, mikheeva@crust.irk.ru

ЧИКИШЕВА ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА, инженер, ст. преподаватель ИГУ^{1,3}, chikishevatyana@mail.ru

ЯКИЧ ТАМАРА ЮРЬЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, доцент², cherkasovatu@tpu.ru

¹ Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН), г. Иркутск

² Томский политехнический университет (ТПУ), г. Томск

³ Иркутский государственный университет (ИГУ), г. Иркутск

Prospects of primary gold potential in southern Siberian platform based on study results for placer gold morphological and geochemical features

I. V. CHETVERTAKOV¹, A. V. IVANOV¹, E. A. MIKHEEVA¹, T. A. CHIKISHEVA^{1,3}, T. Yu. YAKICH²

¹ Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk

² Tomsk Polytechnic University, Tomsk

³ Irkutsk State University, Irkutsk

Data on geological structure and minerals of the southern Siberian platform are presented. Placer and primary gold occurrences widespread in this region are briefly characterized. Based on placer gold morphological and geochemical property studies using electron microscopy, its four types are revealed. Conclusions are made about potential primary sources of various placer gold types. Using retrospective data and based on the authors' placer gold morphological and geochemical studies, Ust-Ilimskaya, Chernorechinskaya and Buraevskaya gold areas are characterized, their prospects for discovering primary gold deposits of various genetic types are determined.

Key words: platform, traps, dolerites, tuffs, diatreme, coal basin, deep fault, intracontinental paleorifts, placer gold, primary occurrences, promising areas.

Шлиховые проявления золота на юге Сибирской платформы известны в бассейнах рек Ангара, Лена, Катанга (Подкаменная Тунгуска), Нижняя Тунгуска. Некоторые из этих проявлений даже разрабатывались кустарным способом начиная с 1830 г. [1]. Особенно много шлиховых проявлений золота на юге платформы было выявлено в 1950–1970-х годах в связи с началом масштабных поисковых работ на алмазы и форсированным проведением ГСР-200. Однако промышленные россыпи не были найдены: равнинный рельеф со слабыми уклонами речных долин неблагоприятен для формирования россыпей.

В юго-западном направлении шлиховые признаки золотоносности платформы ограничены складчатым обрамлением Восточного Саяна и Прибайкалья, а в северо-восточном – уходят за пределы Иркутской области в республику Саха (Якутия), где в бассейне р. Вилюй известны многочисленные шлиховые ореолы и мелкие россыпные месторождения золота (рис. 1).

На первом этапе геологических исследований считалось, что основным источником шлихового золота на юге Сибирской платформы являются юрские континентальные отложения, которые служили промежуточным коллектором кластогенного золота,

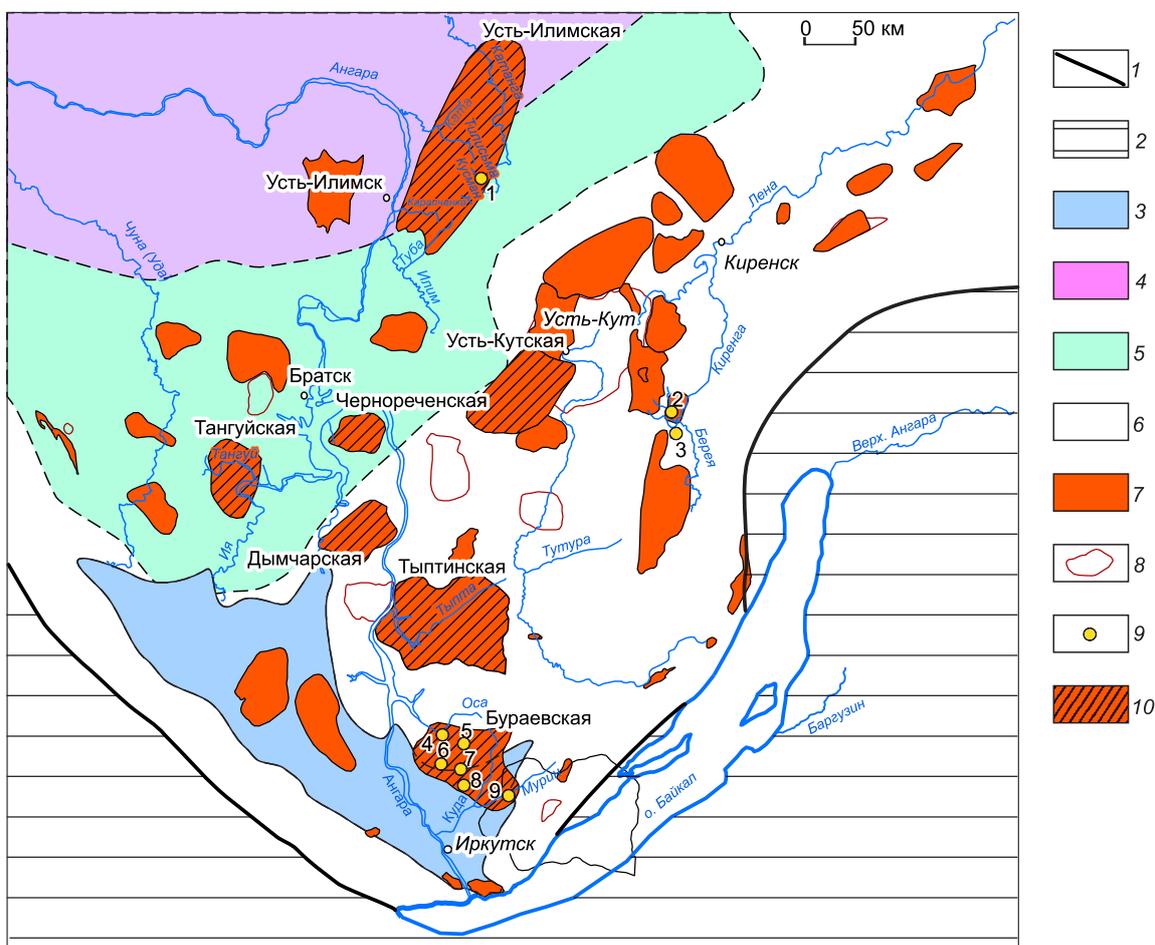


Рис. 1. Схема золотоносности юга Сибирской платформы:

1 – граница Сибирской платформы; 2 – горное обрамление; 3 – Иркутская мезозойская угленосная впадина; 4–6 – структурно-вещественные комплексы платформенного чехла: 4 – верхнепалеозойский структурный ярус (континентальные терригенные угленосные отложения с проявлениями траппового интрузивно-туфогенного магматизма), 5 – нижнепалеозойский структурный ярус (морские терригенно-карбонатные отложения с проявлениями интрузивного траппового магматизма), 6 – нижнепалеозойский структурный ярус амагматичный (морские терригенно-карбонатные отложения с пластами каменной соли в основании); 7 – ареалы шлиховых и геохимических признаков золотоносности; 8 – ареалы шлиховых и геохимических проявлений ртути; 9 – коренные проявления золота: 1 – Кусман, 2 – Охугиггинское, 3 – Мостовое, 4 – Грязнушка, 5 – Дундай, 6 – Вершина, 7 – Укыр-1, 8 – Укыр-2, 9 – Мурунское; 10 – перспективные площади для постановки первоочередных поисковых работ на золото

принесённого с горного обрамления платформы. Кроме этого, сопутствующая золоторудная минерализация была установлена в коренных месторождениях и проявлениях железа, марганца, меди, никеля, свинца, цинка, ртути. Промышленного значения она не имеет, но также могла быть источником шлихового золота.

По мере проведения обобщающих металлогенических и научных исследований появились предположения и выводы о наличии на платформе собственных золоторудных месторождений так называемого карлинского (невадийского) типа, представленных стратифицированными залежами вкрапленных руд с тонкодисперсным золотом.

Авторы исследовали шлиховое золото Усть-Илимской, Черноречинской и Бураевской золотоносных площадей с использованием электронной микроскопии. Цель данной работы заключалась в выяснении возможности определения генетических типов коренных источников по морфо-геохимическим признакам шлихового золота. Подобная возможность позволит существенно увеличить эффективность прогнозно-минералогических и поисковых работ.

Геологическое строение юга Сибирской платформы. Описание геологического строения площади даётся по данным геологосъёмочных работ [1], если не указаны другие источники. Средняя мощность осадочного чехла на юге платформы около 4 км. В пределах опущенных блоков мощность чехла увеличивается до 5,5 км, а на сводовых поднятиях уменьшается до 3,5 км. В строении платформенного чехла чётко выделяются три структурных яруса: нижнепалеозойский, верхнепалеозойский и мезозойский. Отложения нижнего палеозоя представлены морскими терригенно-карбонатными отложениями кембрия, ордовика и силура (ангарская, литвинцевская, верхоленская, илгинская, усть-кутская, мамырская, братская, кежемская и ярская свиты). В нижнекембрийских отложениях ангарской свиты содержатся пласты каменной соли мощностью до 20 м. В верхнекембрийских отложениях илгинской свиты встречаются прослои медистых песчаников, а в верхнеордовикских отложениях – линзы фосфоритов и лимонит-марганцевых руд.

Континентальные терригенные отложения верхнепалеозойского яруса (тушамская, катская и пелятинская свиты) залегают на нижнепалеозойском структурном ярусе с размывом и угловым несогласием. На поверхности они обнажаются в северо-западной части площади, где слагают юго-восточное крыло Тунгусской синеклизы. Здесь они представлены ритмичным переслаиванием песчаников, алевролитов, аргиллитов с прослоями мелкогалечных конгломератов и углей.

В нижнекарбонных песчаниках тушамской свиты встречаются прослои туффитов, туфопесчаников и туфов кислого состава. Вероятно, кислый магматизм этого возраста проходил на фоне затухания базитового и кимберлитового магматизма Якутско-Вилуйской провинции, начавшегося в девоне и продолжавшегося с перерывами до раннего карбона на востоке Сибирской платформы [3]. На границе перми и триаса рассматриваемая часть платформы подверглась тектоно-магматической активизации с интенсивным проявлением трещинных дислокаций и траппового магматизма [14]. Он привёл к формированию пирокластической толщи корвунчанской свиты мощностью до 300 м и внедрению протяжённых силлов долеритового состава. В туфах наряду с обломками витрофирового стекла много ксеногенного материала нижежащих пород. Широко распространены кольцевые вулканотектонические структуры: кальдеры с трапповыми ограничениями, тектонические впадины, вулкано-инъективные поднятия до 20 км в поперечнике.

Вулканогенно-осадочная толща и подстилающие её палеозойские отложения прорываются трапповыми интрузиями в форме силлов, даек и тел неправильной формы. Особое положение в структуре траппового магматизма занимают туфовые диатремы до 1 км в поперечнике, формировавшиеся в результате внедрения горячей магмы в водонасыщенные и соленосные горизонты. Диатремы прорывают как раннюю туфогенную толщу, так и трапповые интрузии, однако данные U-Pb датирования показывают, что их формирование было всего на 500 тыс. лет моложе внедрения большинства долеритовых силлов [14].

В диатремах жерловые фации туфов претерпели интенсивное скарирование и другие гидротермально-метасоматические изменения (карбонатизацию, окварцевание, цеолитизацию, аргиллизацию) и вмещают железорудные месторождения ангаро-илимского типа: Коршуновское, Ермаковское, Тубинское, Бериканское, Молдаванское и др. [6, 7]. Рудные тела этих месторождений представляют собой штокверковые залежи кальцит-гематит-магнетитового состава с жилами сливных магнетитовых руд. На верхних уровнях слабоэродированных диатрем содержатся кварцевые и карбонат-кварцевые жилы с пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, пентландитом, кинноварью и самородным золотом [10].

Пермо-триасовые траппы с размывом перекрываются юрскими континентальными угленосными отложениями с корой выветривания в основании. Эти отложения широко развиты в пределах Ангаро-Вилуйского прогиба северо-восточного простирания, который накладывается на юго-восточное крыло

Тунгусской синеклизы. Другая крупная структура, выполненная юрскими угленосными отложениями, – Иркутская впадина – имеет ортогональную северо-западную ориентировку.

Юрские отложения сложены в основном ритмично переслаивающимися серыми и тёмно-серыми аргиллитами и желтовато-серыми полимиктовыми песчаниками с признаками косой слоистости. Редко встречаются прослои кремво-серых алевролитов, чёрного сажистого угля, линзы и конкреции сидеритов. В подошве юрских отложений содержатся линзы слабосцементированных гравелитов и конгломератов с хорошо окатанной галькой белого халцедоновидного кварца, песчаников, гравелитов и мелкогалечных конгломератов. Редко встречается галька экзотических пород: кварцитов, гнейсов, гранодиоритов, гранитов, гранит-порфиров. Следует отметить, что в современных русловых отложениях галька экзотических пород встречается далеко за пределами развития юрских отложений, что указывает на их более широкое площадное распространение в дочетвертичное время.

В протолоках из юрских отложений встречаются касситерит, киноварь, золото. Золото, как правило, мелкое, кластогенное, с явными признаками окатанности, что позволяет считать юрские отложения промежуточным коллектором и одним из источников шлихового золота в современном аллювии.

В подошве юрских отложений установлены коры выветривания, которые развиваются по триасовым туфогенно-осадочным отложениям, трапповым интрузиям и по вмещающим их палеозойским карбонатно-терригенным отложениям. Коры выветривания имеют каолинит-монтмориллонитовый состав и достигают мощности 15 м и более. В ряде мест в корях выветривания установлены проявления золота, такие как Охугигинское, Мостовое, Укыр-1, Укыр-2 (рис. 1).

В четвертичное время речная сеть, по-видимому, неоднократно реорганизовывалась в результате катастрофических сбросов воды из Байкала. Это затрудняет интерпретацию шлиховых данных в бассейне р. Ангара, поскольку катастрофические сбросы воды формировали новые русла, перетоки воды и приводили к перемещению больших объёмов рыхлого материала [13].

Возможные источники шлихового золота на юге Сибирской платформы. В период проектирования и строительства трассы БАМ сведения о золотоносности Сибирской платформы на территории Иркутской области были обобщены металлогенической партией ПГО «Иркутскгеология» под руководством Н. Г. Ключанского. Авторы этих исследований (Н. Г. Ключанский, С. М. Ткалич, Т. П. Фаленко) при-

шли к выводу о широком распространении в чехле платформы телетермальной золото-полиметаллической минерализации и о её генетической связи с пермотриасовой тектоно-магматической активизацией, возраст которой считался раннемезозойским. Отмечался чётко проявленный структурный контроль оруденения. Рудная минерализация приурочена к системам разломов северо-восточного, субширотного и субмеридионального направления и к узлам их пересечений. На телетермальный генезис рудной золотосодержащей минерализации указывает тесная ассоциация золота с ртутью во многих коренных рудопроявлениях и геохимических ореолах.

Источником телетермальной золото-ртутной минерализации могут служить золоторудные месторождения карлинского типа, подобные месторождениям Северо-Американской платформы [5]. По мнению М. М. Константинова, подобные месторождения могут быть связаны с метасоматитами в зонах глубоких разломов и палеорифтов. В качестве важного поискового критерия им отмечается приуроченность месторождений карлинского типа к границам крупных гравитационных аномалий, связанных с зеленокаменными поясами в фундаменте кратонов. Другим поисковым критерием месторождений карлинского типа является их приуроченность к периферии бассейнов угленакопления. Это объясняется участием процессов рифтогенеза в заложении и формировании угольных бассейнов.

К зонам платформенных палеорифтов могут быть приурочены золото-серебряные месторождения, генетически связанные с проявлениями андезит-дацитового вулканизма. Так, на Северо-Американской платформе известно крупное золото-серебряное месторождение Крипл-Крик, локализованное в зоне Скального палеорифта. Признаки подобного оруденения выявлены на востоке Сибирской платформы в зоне Кемпендйских дислокаций [8].

На юге Сибирской платформы неоднократно существовали благоприятные условия для формирования месторождений гидрогенного типа, связанных с образованием латеритных кор выветривания в платформенном чехле на границах структурного несогласия. К числу гидрогенных месторождений М. М. Константинов относит крупное золоторудное месторождение Куранах, расположенное на северном склоне Алданского щита [5]. Оно приурочено к поверхности несогласия в подошве мезозойских континентальных отложений, залегающих на палеозойских терригенно-карбонатных отложениях с корой выветривания в основании. На юге Сибирской платформы древние латеритные коры выветривания с признаками золотоносности установлены на Буравской площади (проявления Грязнушка, Укыр-1,

Укыр-2). С палеоген-неогеновыми корами выветривания связаны Охугиггинское и Мостовое проявления на левом берегу р. Киренга (см. рис. 1).

Группа геологов ВостСибНИИГГиМСа под руководством Ю. И. Тверитинова [11] в начале 2000-х годов занималась прогнозированием золотого оруденения на юге Сибирской платформы и в её обрамлении. Они высказали гипотезу о связи золотого оруденения с мегаструктурами центрального типа (геоконами) радиусом 650–700 км. В частности, был выделен Ангарский геокон, включающий Ангаро-Тунгусский золоторудный пояс. Предполагалось, что геоконны связаны с глубинными перемещениями крупных масс мантийного вещества (астенолитов) в верхние слои мантии и с их воздействием на вышележащие участки земной коры. В случае, когда такой участок расположен на территории платформы, происходит её активизация с образованием глубинных разломов, рифтовых зон и тектонических нарушений с проявлениями траппового магматизма. При этом золото из зеленокаменных пород фундамента может перетлагаться в отложения чехла платформы.

Среднее содержание золота в интрузивах трапповой формации составляет 4 мг/т с вариациями от 3 до 12 мг/т в наименее и наиболее дифференцированных разностях, соответственно [15]. Долгое время считалось, что трапповый магматизм основного состава не продуктивен на золото [9]. При раскристаллизации интрузии ни в одном из породобразующих минералов не происходит избирательного накопления золота. Только незначительная часть золота выносится из расплава с флюидной фазой и концентрируется в контактово-метасоматических продуктах, в основном в сульфидах меди. При благоприятных обстоятельствах в контактово-метасоматических образованиях по породам кровли может сформироваться собственная золоторудная или золото-платиновая минерализация [17].

Большой интерес, с точки зрения продуктивности траппового магматизма на золото, представляет золотоносность туфовых диатрем с железорудными месторождениями ангаро-илимского типа. В результате экспериментальных исследований установлено, что источниками рудоносных флюидов в железорудных диатремах являются промежуточные очаги базальтовой магмы, внедрившейся в карбонатно-соленосные отложения подошвы платформенного чехла. Отделение флюидов от расплава происходит в результате ассимиляции доломитов и соленосных отложений при ретроградном кипении кристаллизующегося магматического очага [6]. Температура отделившихся флюидов ниже 1100 °С, а их весовая доля не превышает 1,5–2,0 %. Основными компонентами флюидов являются CO₂, CO, CH₄,

N₂, H₂O, H₂S, HCl, HF. Температурный диапазон метасоматических процессов очень широкий – от 820 (форстерит, шпинель) до 70 °С (гидротермальный кальцит). Золото-полиметаллическая минерализация формируется в верхних частях метасоматической колонны при температуре ниже 450 °С.

Методика работ. Исследования минералого-геохимических особенностей шлихового золота проведены авторами данной статьи с целью определения типа его коренных источников на юге Сибирской платформы, в пределах Иркутской области. Они выполнены на трёх имеющих различную структурную приуроченность перспективных площадях – Усть-Илимской, Чернореченской и Бураевской.

В полевой сезон 2019 г. авторы обследовали перспективные площади геологическими маршрутами с отбором шлиховых проб из аллювиальных и делювиальных отложений на территории известных шлиховых ореолов. Шлиховые пробы весом 35–40 кг промывались в лотке. После стандартной обработки минералогических проб исследования шлихов проводились при помощи бинокулярной лупы МИН-4 с извлечением свободного золота (рис. 2).

Извлечённое из шлихов золото анализировалось на электронном сканирующем микроскопе Tescan Vega 3 SBU с энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments (Томский политехнический университет, г. Томск).

Результаты исследований. Обработка результатов измерений и разделение золота на типы выполнены с учётом пробности (рис. 3), химического состава (см. таблицу), морфологии и внутреннего строения золотин (рис. 4). Всего на исследованных площадях выделено 4 типа шлихового золота.

I тип – высокопробное золото (900–1000 ‰) комковидной формы с мелкими вростками кварца, серицита, альбита (см. рис. 4, А). Встречается на всех изученных площадях. По аналогии с востоком Сибирской платформы [8] источниками высокопробного золота I типа предполагается золото-кварцевое оруденение докембрийского этапа. В современные отложения древнее золото может попасть из трапповых туфов, содержащих золотоносные обломки пород фундамента, а также из терригенных отложений осадочного чехла. Источником высокопробного золота может служить золото-платиновое оруденение в трапповых интрузиях и в их экзоконтактах. Такие проявления золото-платинового оруденения известны на севере Сибирской платформы [17]. Высокопробное золото содержат железные руды трапповых диатрем, обломки которых с повышенными содержаниями золота выявлены геологосъёмочными работами на Усть-Илимской площади.

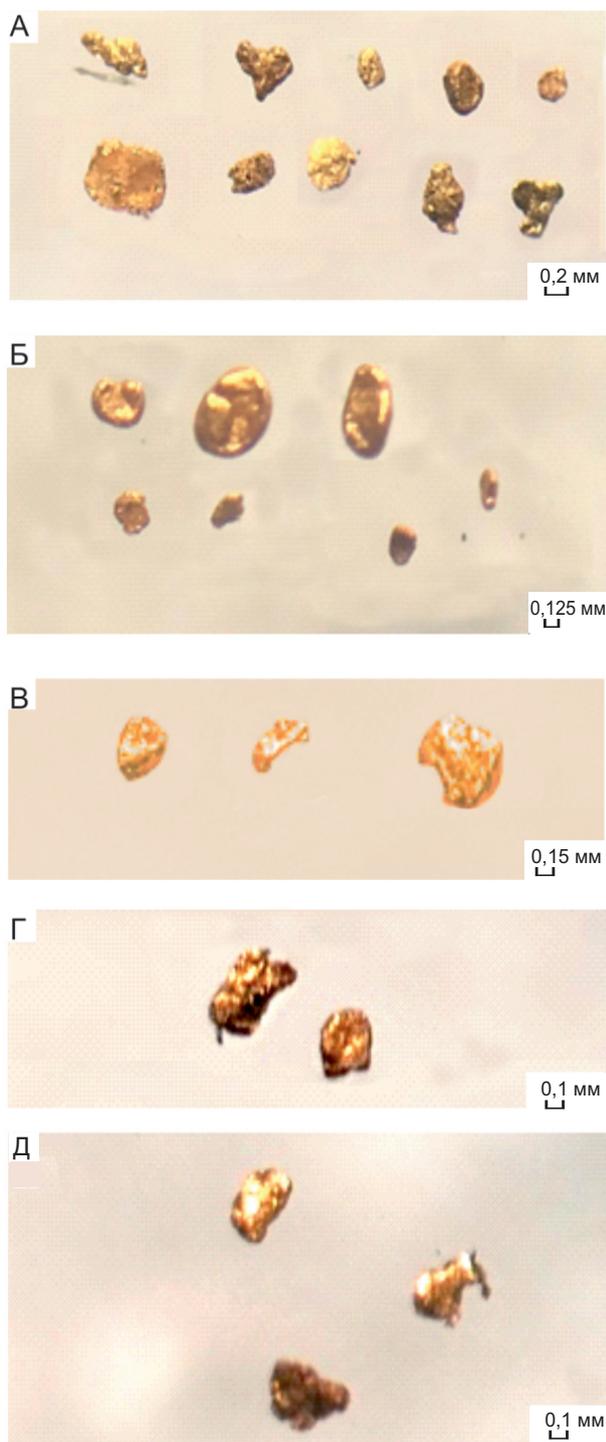


Рис. 2. Шлиховое золото с перспективных площадей на юге Сибирской платформы. Фото Т. А. Чикишевой:

площади: А – Усть-Илимская (из аллювиальных отложений р. Карапчанка), Б – Чернореченская (из аллювиальных отложений р. Чёрная Речка), В–Д – Бураевская: В – из делювиальных отложений на участке Дундай, Г – из аллювиальных отложений руч. Казаковский (участок Вершина), Д – из делювиальных отложений на участке Муринский

II тип – средне-низкопробное «хрупкое» золото (750–900 ‰) с содержанием серебра 10–25 %. Зёрна таблитчатой формы с шагреневой поверхностью, легко раскалываются на пластинки. По-видимому, они представляют собой псевдоморфозы по пириту. С поверхности зёрен и по микротрещинам средне-низкопробное золото замещается высокопробным золотом за счёт выщелачивания серебра и других элементов-примесей (см. рис. 4, Б). Распространено на Усть-Илимской и Бураевской площадях. Источником средне-низкопробного золота II типа может служить золото-серебряное оруденение, связанное с андезитовым вулканизмом в платформенных рифтогенных структурах, предположительно карбонового возраста. В республике Саха (Якутия) подобное золото установлено на Лено-Вилуйском междуречье в зоне Кемпендяйских дислокаций [8].

III тип – низкопробное ртутное золото (650–750 ‰) с содержанием Ag 25–35 % и Hg 2,02–2,84 %, в отдельных зёрнах до 15 %. Оно образует зёрна комковидной формы, светло-соломенного цвета (см. рисунки 2, В и 4, В), установленные в делювиальных отложениях проявления Дундай на Бураевской площади. Низкопробное ртутное золото III типа характерно для золото-ртутного оруденения карлинского типа [8].

IV тип – губчатое золото. Зёрна комковидной или овоидной формы губчатого строения, состоят из сростков мельчайших частиц высокопробного золота с гидроокислами железа и содержат вросстки серицита, пирита, кварца, ильменита, титанита. Для зёрен овоидной формы характерна мощная высокопробная оторочка (см. рис. 4, Г). Губчатое золото выявлено в аллювии р. Чёрная Речка на Черноречинской площади, в районе Ермаковского железорудного месторождения. Подобное золото широко распространено на Куранахском месторождении, а также в зоне Баппагайского глубинного разлома в устье р. Большой Патом [8]. По мнению М. М. Константинова, губчатое золото имеет гидрогенное происхождение и образуется в корях выветривания при окислении золотосодержащих сульфидов и химическом переотложении золота с участием метеорных вод [5].

Геологическое строение и перспективы золотонности изученных площадей. Усть-Илимская перспективная площадь (10 540 км²) расположена на сочленении Тунгусской синеклизы и Непско-Ботубинской антеклизы, в зоне интенсивного траппового магматизма (см. рис. 1). В пределах этой площади позднепермская–нижнетриасовая туфогенная толща мощностью 120–150 м (корвунчанская свита) залегает на отложениях верхнего палеозоя с размывом и корой выветривания в основании (рис. 5). Туфы прорываются мелкими телами долеритов и многочисленными туфовыми диатремами с месторождениями

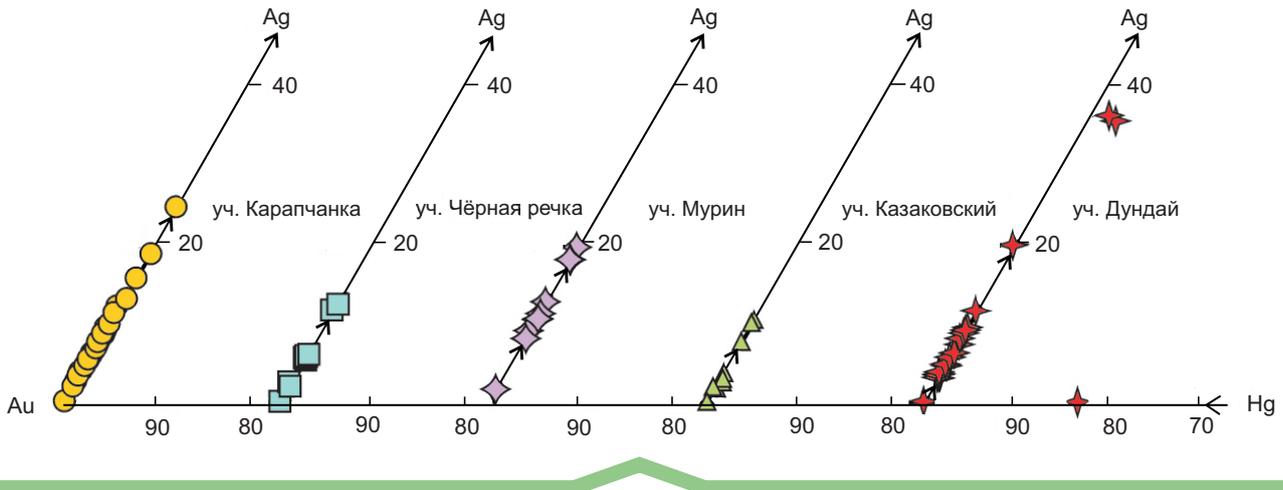


Рис. 3. Диаграмма химического состава шлихового золота в координатах Au–Ag–Hg

и проявлениями железных руд ангаро-илимского типа. Более крупные тела долеритов слагают мощные и протяжённые силлы, внедрившиеся в нижележащие пермо-карбоновые угленосные отложения (тушамская, катская и пеляткинская свиты).

Юрские континентальные отложения верхнего структурного яруса образуют крупные денудационные останцы на вершинах сопок. Они сложены песками, галечниками, валунниками с прослоями бурых углей. Эти отложения уплотнены и местами сцементированы до образования песчаников и конгломератов. В составе тяжёлой фракции установлены ильменит, магнетит, хромит, пирит, халькопирит, галенит, касситерит, золото. Зёрна золота, как правило, хорошо окатанны.

Усть-Илимская перспективная площадь приурочена к восточной границе Катского гравитационного максимума и структурно контролируется Илимo-Мурбайским глубинным разломом северо-северо-восточного простирания, который трассируется мощными долеритовыми силлами и цепочкой останцов юрских отложений. По существу, трапповые силлы в зоне разлома образуют единый сложнопостроенный многоэтажный силл мощностью 200–270 м и протяжённостью более 300 км при максимальной ширине до 50 км. О глубинном характере разлома свидетельствуют шлиховые ореолы хромита, единичные находки платины, пироба и алмазов в рыхлых отложениях. Следует отметить, что в зоне Илимo-Мурбайского глубинного разлома в подошве карбоновых отложений тушамской свиты установлены прослои туффитов, туфопесчаников и туфов с обломками кислых субвулканических пород.

В пределах Усть-Илимской перспективной площади установлены крупные шлиховые ореолы и от-

дельные шлиховые пробы с золотом (см. рис. 5). Наиболее изучен шлиховой ореол золота в истоках р. Карапчанка и правых притоков р. Туба. Поисковыми работами Северной экспедиции в верховьях р. Карапчанка выявлено россыпное проявление золота. По данным поисковых работ, золотоносный пласт с содержанием золота 0,27 г/м³ приурочен к приплотиковой части отложений первой надпойменной террасы. Золото золотисто-жёлтого цвета, иногда с красноватым оттенком, очень мелкое (0,01–0,1 мм), слабоокатанное или совсем неокатанное. Редкие более крупные зёрна (0,1–0,4 мм) пластинчатой формы и хорошо окатанные. Из минералов-спутников встречаются халькопирит, галенит, касситерит и осмистый иридий. Установлено, что источником осмистого иридия являются шпильеры микропегматита, развитые в эндоконтактных зонах трапповых силлов.

В валунно-галечной фракции золотоносного аллювия выявлены обломки халцедоновидного кварца, содержащие тонкие прожилки и вкрапленники альбита с просечками самородного золота. По данным пробирного анализа, содержания золота в халцедоновидном кварце 0,07–0,21 г/т. Халцедоновидный кварц характерен для золото-серебряной рудной формации, связанной с вулканизмом кислого состава. В пределах Усть-Илимской площади подобный вулканизм проявился в зоне Илимo-Мурбайского глубинного разлома в раннекарбоновое время, о чём свидетельствуют прослои туфов в песчаниках тушамской свиты с обломками кислых магматических пород: кератофиров, гранофиров, липаритовых и трахитовых порфиров, с признаками низкотемпературных гидротермальных изменений.

По данным минералогических исследований авторов статьи, в истоках р. Карапчанка преобладает

Химический состав шлихового золота на Юге Сибирской платформы

р. Карапчанка, Усть-Илимская площадь																		
Тип	Зерно	Номер	Минерал	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ag	Au	Hg	Σ, %
II	1_1	1	Au	0,9												99,1		100
	1_1	2	Au												10,89	89,11		100
	1_1	3	Au													100		100
	1_1	4	Au													100		100
	1_1	5	Au												10,18	89,82		100
II	1_2	6	Au	0,94											6,48	92,58		100
	1_2	7	Au	0,96											12,97	86,08		100
	1_2	8	Au	0,91											1,96	97,13		100
	1_2	9	Au	3,4											1,91	94,7		100
	1_2	10	Au	1,21												98,79		100
	1_3	11	Au	0,89											8,01	91,09		100
I	1_3	12	Au												8,41	91,59		100
	1_3	13	Qz	48,51				49,91								1,58		100
	1_3	14	Au	1,15											7,45	91,4		100
	1_4	16	Ser	47,5			10,17	30,28			11,46			0,58				100
IV	1_4	17	Au	1,29												98,71		100
	1_4	23	Ilmenit	26,26				0,57				26,75	1,67	31,89		12,87		100
II	1_5	26	Au	1,29												98,71		100
	1_5	27	Au+Ag												15,43	84,57		100
II	1_6	30	Au	2,47											5,05	92,49		100
	1_6	32	3Au+Ag	0,99											18,42	80,59		100
	1_6	33	Au+Ag	0											24,31	75,69		100
I	1_7	35	Au	1,24											6,06	92,7		100
II	1_8	36	Au	10,67											2,7	86,63		100
	1_8	37	Au	1,19											1,93	96,88		100
	1_8	38	Au	1,47											9,64	88,89		100
I	1_9	39	Au	1												99		100
	1_9	40	Au	1,35												98,65		100
I	1_10	41	Au	1,31											4,29	94,39		100
	1_10	46	Au	2,36											4,94	92,7		100

Продолжение таблицы

Тип	Зерно	Номер	Минерал	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ag	Au	Hg	Σ, %
р. Чёрная река, Черноречинская площадь																		
I	2_1	47	Au	3,2											5,47	91,33		100
	2_1	48	Au	0											5,36	94,64		100
	2_2	49	Au	0,98												99,02		100
IV	2_2	50	Qz+Au	45,06			0,35	38,49								16,1		100
	2_3	52	Au+Qz	10,32			0,53	2,32								86,82		100
I	2_3	55	Au	2,06												97,94		100
	2_4	59	Au	1,1										1,86	97,04		100	
IV	2_5	61	Au	0,97												99,03		100
	2_6	64	Qz	49,43				50,57										100
I	2_6	65	Au	1,36											11,12	87,52		100
	2_6	66	Au	0											12,04	87,96		100
	2_6	67	Ser+Oxide	44,39	4,03	2,02	8,95	26,32	0,7	1,91	0,74	0,82		3,49	2,27	4,38		100
IV	2_6	68	Ser+Oxide	48,66		1,23	8,29	24,91		6,93		1,05		2,31	2,1	4,53		100
	2_7	70	70_Au	2,89												97,11		100
	2_7	71	71_Au+Qz	35,42			0,3	21,29								42,99		100
IV	2_7	72	72_Au													100		100
	2_7	73	Au+Oxide+Ser	27,18		2,72	12	25,06		3,21	0,97			10,21		18,65		100
	2_7	75	Titanite+Au	24,72			1,06	5,53			8,15	7,8		0,65		52,1		100
II	2_7	76	Titanite+Au	20,9			0,74	4,46			6,26	6,55				61,08		100
	2_7	77	Qz+Au	34,73			0,48	20,54								44,25		100
	проявление Мурин, Буравская площадь																	
I	3_1	80	Au+Ag	1,79											18,16	80,05		100
	3_1	82	Au	1,19											12,06	86,75		100
	3_1	83	Au	1,26											10,87	87,87		100
I	3_1	84	Au+Ag	7,23				1,35							17,54	73,88		100
	3_1	85	Au+Ag												17,71	82,29		100
I	3_2	86	Au	0,79											1,41	97,8		100
	3_2	88	Au	1,3											7,89	90,8		100
	3_2	90	Au												10,37	89,63		100

Тип	Зерно	Номер	Минерал	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ag	Au	Hg	Σ, %
I	3_3	92	Au	1,26											8,78	89,96		100
	3_3	95	Au												8,76	91,24		100
III	4_1	96	Au												11,35	88,65		100
	4_1	97	Au+Ag+Hg	0,94											35,02	61,21	2,84	100
	4_1	98	Au+Ag	0,99											19,18	79,82		100
	4_1	99	Au	1,08											6,38	92,54		100
	4_1	101	Au	1,66											4,2	94,13		100
	4_1	102	Au+Ag+Hg	0,87											35,73	61,38	2,02	100
I	4_2	105	Au+Ser+Oxide	14,98			3,03	4,36		0,76				0,62	2,62	73,64		100
	4_2	107	Au	1,2											3,06	95,74		100
	4_2	109	Au												4,13	95,87		100
	4_2	110	Au												3,99	96,01		100
	4_2	112	Au	0											3,99	96,01		100
	4_3	113	Au					1,36							3,08	95,56		100
I	4_3	115	Au	0											4,87	95,13		100
	4_3	116	Au												5,5	94,5		100
	руч. Казаковский, проявление Вершина, Бураевская площадь																	
I	5_1	117	Au												2,31	97,69		100
	5_1	118	Au+Ser	4,72			0,33	0,92		0,36						93,68		100
	5_1	119	Au	7,72											2,86	89,42		100
	5_1	121	Au												2,05	97,95		100
	5_2	122	Au													100		100
II	5_2	123	Au	1,52											10,04	88,44		100
	5_2	125	Au												7,62	92,38		100
	5_2	128	Au	1,01												98,99		100
	5_2	129	Au	8,87											3,44	87,7		100
	5_2	130	Au	1,45											9,86	88,69		100

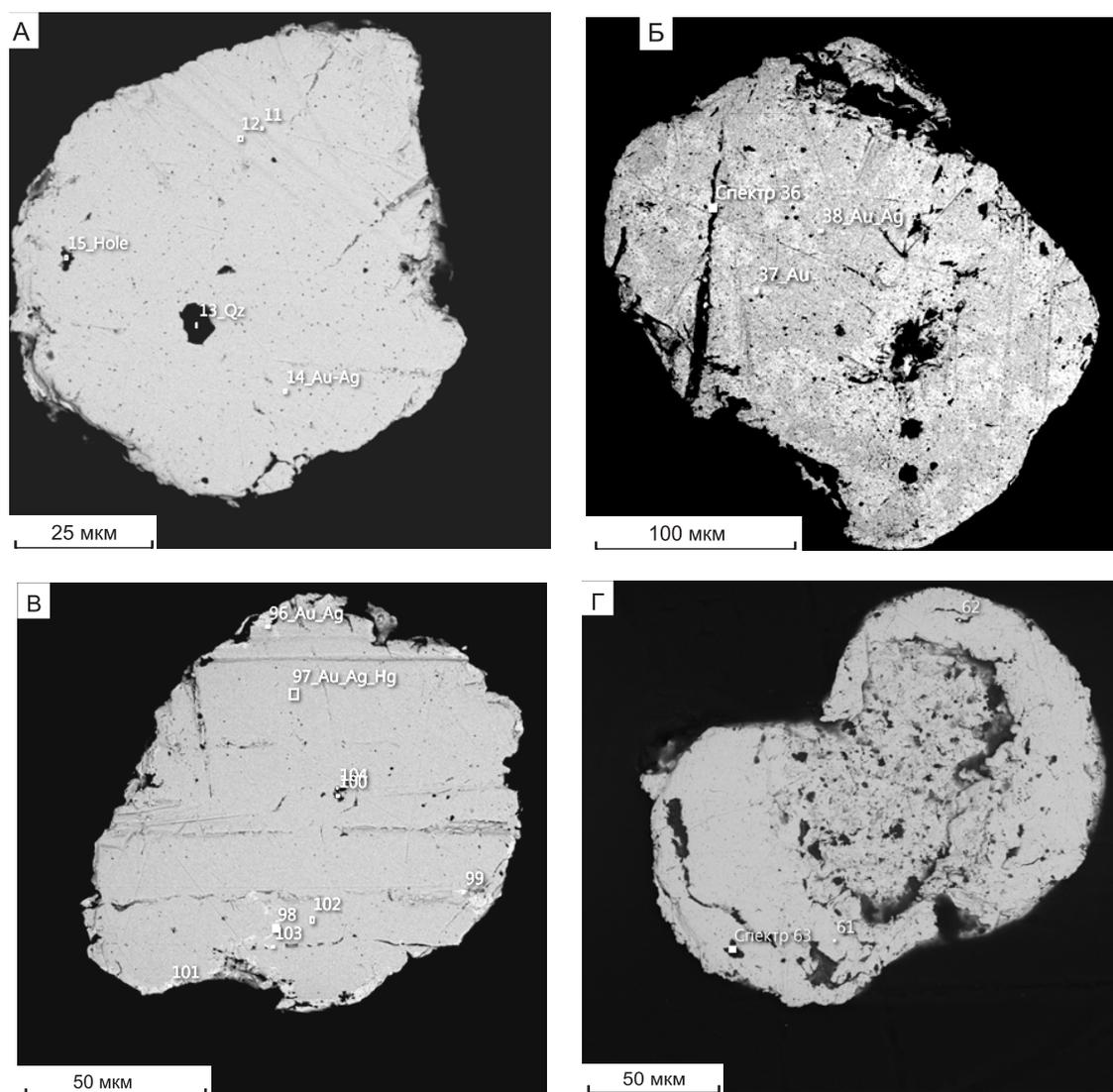


Рис. 4. Типы шлихового золота:

А – тип I (зерно 1_3, Усть-Илимская площадь, р. Карапчанка); Б – тип II (зерно 1_8, Усть-Илимская площадь, р. Карапчанка); В – тип III (зерно 4_1, Бураевская площадь, уч. Дундай); Г – тип IV (зерно 2_5, Чернореченская площадь, р. Чёрная Речка); числа на снимке – номера анализов в таблице

средне-низкопробное золото II-го типа с содержанием серебра от 10–18 до 24 % (см. табл. 1), что подтверждает возможный золото-серебряный тип источника. Выявлено так же высокопробное золото I типа, источник которого неясен. Им могут служить золото-содержащие магнетитовые руды ангаро-илимского типа или эндоконтактные зоны слабодифференцированных долеритовых силлов с золото-платиновой минерализацией. Обломки этих пород с повышенными содержаниями золота встречаются в русловом аллювии р. Карапчанка.

Второй крупный шлиховой ореол золота площадью 170 км² расположен на водоразделе рек Тилисьма–Кусман (см. рис. 5). В его пределах золото установлено в 12 шлиховых пробах в количестве до 15 знаков на шлих [1]. Цвет золота золотисто-жёлтый с красноватым оттенком. Размер зёрен 0,1–1,2 мм, окатанность – 40 %.

На северной окраине этого ореола, в долине левого притока р. Тилисьма, установлен шлиховой поток киновари в ассоциации с золотом (10 проб). Геологическими работами в головке потока выявлено

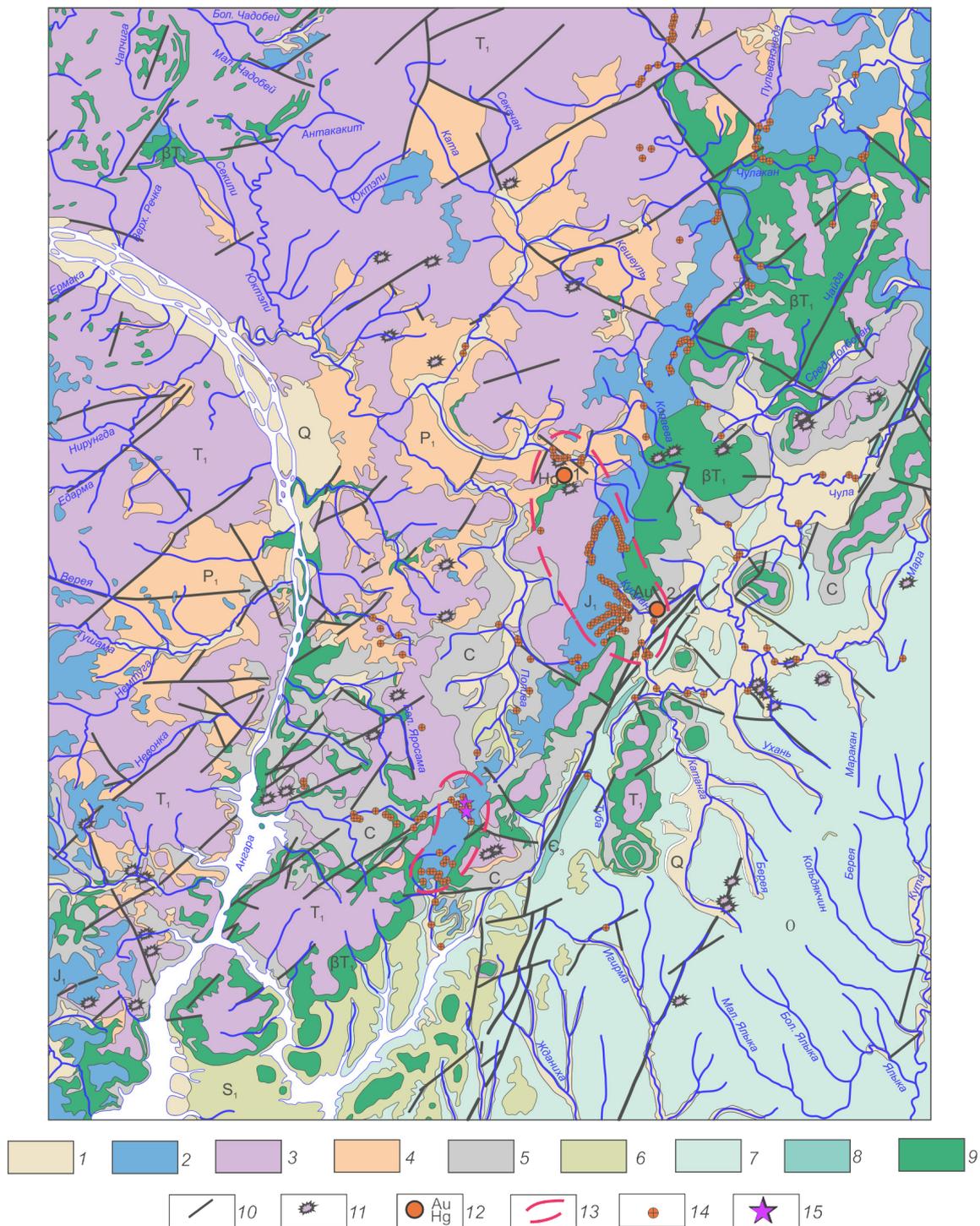


Рис. 5. Схема геологического строения Усть-Илимской площади:

1 – четвертичные отложения, Q; 2–8 – отложения чехла платформы: 2 – нижнеюрские терригенные, J₁, 3 – нижнетриасовые трапповые туфогенно-терригенные, T₁, 4 – нижнепермские терригенные, P₁, 5 – карбоновые терригенные угленосные, C, 6 – нижнесилурийские карбонатно-терригенные пестроцветные, S₁, 7 – ордовикские карбонатно-терригенные сероцветные, O, 8 – верхнекембрийские карбонатно-терригенные пестроцветные, Є; 9 – раннетриасовые трапповые интрузии долеритов, βT₁; 10 – разрывные нарушения; 11 – туфовые диатремы с железорудной минерализацией (Fe); 12 – коренные проявления золота и ртути (1 – Вершина, 2 – Кусманское); 13 – шлиховые ореолы золота; 14 – шлиховые пробы с содержанием золота; 15 – места отбора шлихового золота на микрозондовый анализ

коренное проявление ртути под названием Вершина, приуроченное к туфовой диатреме (см. рис. 5).

На южной окраине ореола, в верховьях р. Кусман, в шлиховых пробах в ассоциации с золотом установлен касситерит до 12 зёрен на шлик. На этом участке р. Кусман дренирует тектоническую зону северо-северо-западного (субмеридионального) простирания, мощностью до 500 м. В пределах этой тектонической зоны локализовано Кусманское проявление золота (см. рис. 5). По данным геологосъёмочных работ (ГДП-200), оно представлено линзами и желваками лимонит-кремнистых пород с содержаниями золота в пределах 0,01–0,06 г/т, развитыми в катаклазированных и интенсивно лимонитизированных песчаниках катской свиты.

Минеральная ассоциация золото+касситерит+киноварь, установленная в пределах Тилисьминского ореола, характерна для слабоэродированных туфовых диатрем с железорудной минерализацией [10].

Проведённые авторами настоящей статьи минералогические исследования и данные предшественников свидетельствуют о наличии на Усть-Илимской площади золотого оруденения верхнепалеозой-мезозойского возраста, в том числе и промышленно значимых типов. По размерам и минерагенической специализации Усть-Илимская перспективная площадь соответствует крупному Ангаро-Катскому золото-железородному району. Рекомендуется продолжить минерагенические исследования этого района с целью уточнения его перспектив на золотое оруденение.

Чернореченская перспективная площадь (1700 км²) расположена на стрелке между Братским морем и Ийским заливом, в пределах крупной кольцевой морфоструктуры, хорошо выраженной в рельефе (см. рис. 1). В центре этой морфоструктуры расположена туфовая диатрема, вмещающая известное Ермаковское месторождение железа. Трапповый магматизм здесь проявился в полосе северо-восточного простирания в виде мелких долеритовых силлов, залегающих в ордовикских и силлурийских отложениях (рис. 6).

К северо-востоку от Ермаковского месторождения, в долине р. Чёрная Речка, выявлен крупный шлиховой ореол золота площадью около 20 км² [1]. В пределах этого ореола золото установлено в 26 пробах из аллювиальных отложений – в среднем течении реки и в её правых притоках. Форма зёрен тороидальная, реже угловатая, пластинчатая, кубическая, звёздчатая. Непосредственно под шлиховым ореолом гравиметрией установлены локальные минимумы Δg , которые интерпретируются как кальдеры обрушения. Штуфным опробованием повышенные содержания золота установлены в приконтактных зонах долеритовых траппов [1]. В породах

Ермаковского месторождения (магнетитовые руды, скарны, изменённые туфы) золота не обнаружено.

В контуре Черноречинского ореола из пойменного аллювия были отобраны и промыты 10 шлиховых проб весом 35–40 кг каждая (см. рис. 6). Извлечённое из проб шлиховое золото золотисто-жёлтое, овоидной лепёшковидной или комковидной формы, очень мелкое (см. рис. 2, Б). Размер золотин колеблется от 0,04 до 0,1 мм.

По данным электронной микроскопии, в пределах описанного шлихового ореола преобладает губчатое золото IV типа в виде мелких тороидальных зёрен с мощной высокопробной оторочкой (см. рис. 4, Г). Источником этого золота может быть оруденение гидрогенного типа. Округлые формы золотин характерны для верхней зоны кор выветривания [5]. Наличие гидрогенного золота свидетельствует об определённых перспективах Черноречинской площади на оруденение типа древних кор выветривания.

Реже в шлиховых пробах встречаются комковидные и призматические зёрна высокопробного золота I типа, источниками которых могут быть приконтактные зоны трапповых силлов, в которых при проведении геологосъёмочных работ установлены повышенные содержания золота. Трапповое золото может служить источником гидрогенного.

Бураевская перспективная площадь (5870 км²) расположена на правом берегу р. Ангары в 100 км северо-восточнее г. Иркутска (см. рис. 1). Структурно она приурочена к зоне сочленения Сибирской платформы с Хамар-Дабанским выступом фундамента. Активизация южного края платформы проявилась в интенсивных трещинных дислокациях и формировании угленосной юрской впадины, наложенной на палеозойские структуры чехла с корой выветривания в основании. В качестве перспективной Бураевская площадь выделена в процессе проведения ГДП-1000 листа N-48 с рекомендациями провести в её пределах специализированные поисковые работы на золотое оруденение невадийского (карлинского) типа [1]. Эти работы были выполнены Иркутской геологической экспедицией под руководством Е. Д. Дорохиной (2003–2005). При их проведении установлены проявления золоторудной минерализации нескольких генетических типов:

- 1) золоторудная минерализация карлинского типа в кембрийских карбонатно-терригенных породах литвинцевской и верхоленской свит (проявления Дундай, Вершина);
- 2) золото-серебряная (?) минерализация в юрских континентальных отложениях (Муринское проявление);
- 3) золотоносные предъюрские коры выветривания по минерализованным кембрийским алевролитам

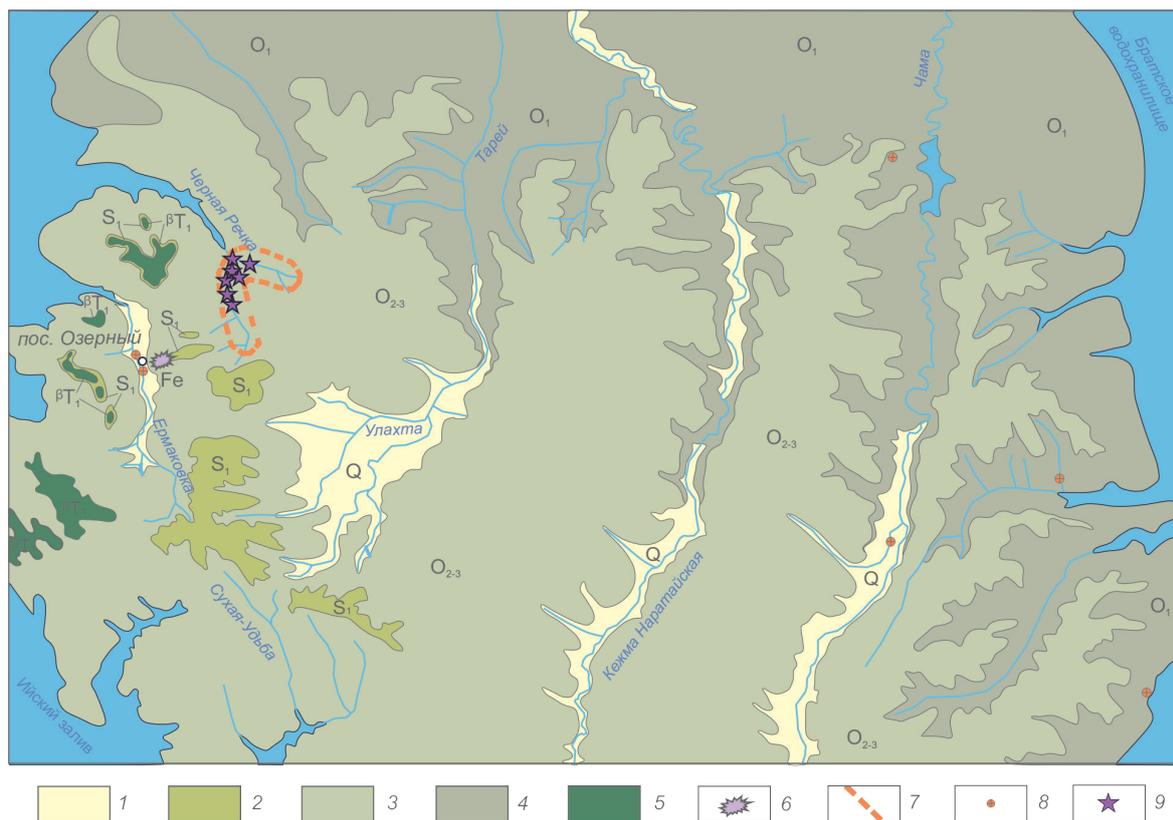


Рис. 6. Схема геологического строения Черноречинской площади:

1 – четвертичные отложения, Q; 2–4 – отложения чехла платформы: 2 – нижнесилурийские терригенные, S_1 , 3 – средне-, верхнеордовикские карбонатно-терригенные, O_{2-3} , 4 – нижнеордовикские карбонатно-терригенные, O_1 ; 5 – раннетриассовые трапповые интрузии долеритов, βT_1 ; 6 – Ермаковское месторождение железных руд; 7 – шлиховые ореолы золота; 8 – отдельные шлиховые пробы с золотом; 9 – места отбора шлихового золота на микрозондовый анализ

верхоленской свиты, которые контролируются поверхностью несогласия между кембрийскими карбонатно-терригенными отложениями и юрскими континентальными осадками угленосной впадины (проявления Укыр-1, Укыр-2);

4) линейные коры выветривания мел-палеогенового возраста по закарстованным доломитам литвинцевской свиты (проявление Грязнушка).

Проявление Дундай расположено в двух километрах северо-восточнее одноимённой деревни, на левом борту ручья – правого притока р. Ида. Горными работами здесь оконтурен делювиальный шлиховой ореол золота размером $1,5 \times 0,6$ км. Золото мелкое – $0,05-0,4$ мм, рудного облика. Отмечались сростки золота с баритом и кварцем. Сопутствующие минералы – пирит, арсенопирит, галенит, киноварь, барит, гематит. Шлиховой ореол сопровождается вторичными геохимическими ореолами золота, мышьяка, меди, олова, серебра, ртути, бария.

На площади ореола вскрыты пологозалегающие красноцветные отложения верхоленской свиты, испытавшие в зоне разлома гидротермально-метасоматические преобразования: аргиллизацию, хлоритизацию, карбонатизацию, пиритизацию, баритизацию, окварцевание. В метасоматически изменённых песчаниках и алевролитах выявлены субсогласные минерализованные зоны мощностью $0,5-1,8$ м, с содержанием золота $0,2-1,5$ г/т. Оруденение отнесено к карлинскому типу, однако перспективы выявления промышленных рудных залежей по результатам поисковых работ оценивались невысоко.

Выполненные авторами статьи минералогические исследования подтверждают выводы авторов отчёта о поисковых работах. В делювиальном шлиховом ореоле установлено золото III типа – низкопробное, с высоким содержанием серебра и ртути (см. таблицу), что характерно для оруденения карлинского типа.

На участках *Вершина*, *Укыр-1* и *Укыр-2* выявлено два рудоконтролирующих фактора: пологая субсогласная тектоническая зона в кембрийских пестроцветных отложениях и зона структурного несогласия между кембрийскими и юрскими отложениями с древней корой выветривания.

На участке *Вершина* контакт между литвинцевской и верхоленской свитами тектонизирован и осложнён складками волочения в алевролитах верхоленской свиты. Доломиты литвинцевской свиты претерпели аргиллизацию, пиритизацию, баритизацию, окварцевание, вплоть до образования кварц-карбонатных метасоматитов (джаспероидов). Мощность линзовидных тел метасоматитов 0,5–0,7 м, протяжённость до 300 м. Минеральная ассоциация: тонкое золото, пирит, халькопирит, касситерит, киноварь, барит. Содержание золота в метасоматитах 0,1–2,2 г/т, меди – 0,02–0,04 %, серебра – 0,0006 %, бария до 1 %. Вышележащие алевролиты верхоленской свиты в зоне контакта аргиллизированы, сульфидизированы, окварцованы и имеют характерный голубоватый цвет. Содержания в них золота до 1,9 г/т.

Образования коры выветривания в подошве юрских отложений представлены ржаво-жёлтыми глинами с обломками алевролитов верхоленской свиты, интенсивно трещиноватых и лимонитизированных. Содержание золота в выветрелых породах достигает 3,9 г/т.

Авторами статьи опробованы аллювиальные отложения руч. Казаковский, дренирующего проявление золота в кембрийских отложениях на участке *Вершина*. В аллювии установлено высокопробное золото I типа и средне-низкопробное золото II типа (см. таблицу). Незначительный объём опробования не позволяет уверенно судить об источнике золота. Возможно, им является не минерализованная зона проявления *Вершина*, а юрские континентальные отложения, развитые в истоках руч. Казаковский.

Структурная позиция и геологическое строение описанных рудопроявлений аналогичны Куранахскому месторождению. Для уточнения генетического типа минерализации, необходимо исследовать золото непосредственно из минерализованных зон.

Муринское проявление локализовано в ядре Муринской антиклинали, осложняющей юго-восточный фланг Иркутской угленосной впадины. Оруденение локализовано в отложениях черемховской свиты, в разрезе которой, по данным авторов поисковых работ, выявлены вулканогенные породы (андезиты и их туфы). Последние подвержены эпигенетическим преобразованиям – окремнению, карбонатизации, гидрослюдизации и лимонитизации. Содержание в них золота до 3,0 г/т. Мощности рудных интервалов от 0,3 до 1,1 м. Золоторудная минерализация

сопровождается шлиховым ореолом золота, в ассоциации с пиритом, марказитом, баритом. Содержания золота знаковые, но в отдельных пробах достигают 150 знаков на шлик. На участке развиты вторичные ореолы золота, серебра, меди, мышьяка, ртути, марганца и хрома. Прогнозируемый тип оруденения – золото-серебряный.

Выполненное авторами данной статьи переопробование поисковых канав не подтвердило наличие там вулканитов, за которые, вероятно, были приняты пиропороды («горелики» по пластам бурых углей). В делювиальном шлиховом ореоле распространены высокопробное золото I типа и средне-низкопробное серебристое золото II типа (см. табл. 1). Содержания серебра в золоте II типа составляют 11–18 %, что характерно для низкотемпературного золото-серебряного типа оруденения. Примеси ртути в самом золоте не установлено, однако на участке широко развиты вторичные ореолы рассеяния ртути. Возможно, на участке *Мурин* мы имеем дело с новым, ещё не исследованным типом гидротермального оруденения в пиропородах («гореликах»). Пиропороды образуются при подземном горении угольных пластов, когда вмещающие песчаники плавятся до состояния магмы. При остывании и раскристаллизации подобных «магматических» тел могут формироваться обычные малоглубинные гидротермальные метасоматиты.

На Государственной геологической карте листа N-48 масштаба 1:1 000 000 (третье поколение) в границах Бураевской площади выделен Бураевский золоторудный район, включающий пять перспективных проявлений золота, выявленных поисковыми работами. Выполненные авторами статьи минералогические исследования подтверждают мнение авторов карты о том, что Бураевская площадь перспективна на оруденение карлинского и, возможно, золото-серебряного типов. Низкая эффективность поисковых работ объясняется дефицитом финансирования и незначительными объёмами бурения, в то время как выполненные маршрутные, геофизические, геохимические и горные работы в условиях равнинного рельефа с мощным чехлом рыхлых отложений оказались неэффективны.

Дискуссия и выводы. Наличие золотого оруденения в чехле Сибирской платформы не является чем-то экстраординарным и исключительным. Крупные месторождения золота в отложениях чехла известны и разрабатываются на Американской, Африканской и Австралийской платформах. Золоторудная минерализация установлена и в чехле Русской платформы [4, 12]. По данным Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (г. Якутск), который давно занимается золотоносностью Сибирской

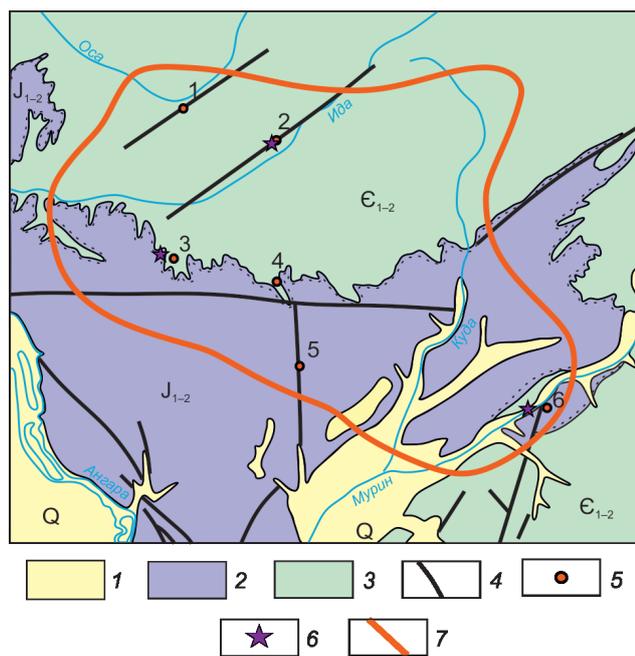


Рис. 7. Схема геологического строения Буреавской золотоносной площади:

1 – четвертичные отложения, Q; 2–3 – отложения чехла платформы: 2 – нижне-, среднеюрские терригенные, J₁₋₂; 3 – нижне-средне-кембрийские карбонатно-терригенные, C₁₋₂; 4 – разрывные нарушения; 5 – проявления золота (1 – Грязнушка, 2 – Дундай, 3 – Вершина, 4 – Укыр-1, 5 – Укыр-2, 6 – Муринское); 6 – места отбора шлихового золота на микрозондовый анализ; 7 – Буреавский прогнозируемый золото-рудный район

платформы, перспективы выявления коренных золоторудных месторождений установлены на многих её участках [8]. В обрамлении Анабарского щита прогнозируются месторождения карлинского типа, приуроченные к Молодо-Попигайской зоне разломов (Уджинский палеорифт). На р. Лена в районе устья Большого Патомы прогнозируются месторождения куранахского типа, локализованные в зоне Баппагайского глубинного разлома. На Лено-Виллюйском междуречье, в зоне Кемпендяйских дислокаций (Виллюйский палеорифт), прогнозируются месторождения золото-серебряной формации, приуроченные к полям вулканитов андезит-дацитового состава мелового (?) возраста. Здесь же установлены признаки золото-платиновой формации, связанной с трапповыми интрузиями долеритов.

На юге Сибирской платформы наибольший поисковый интерес представляет оруденение карлинского типа в палеозойских карбонатно-терригенных отложениях осадочного чехла. Для этого типа характерны крупные месторождения с запасами золота

до 500 т и более [5]. О наличии такого типа оруденения свидетельствует шлиховое золото с высоким содержанием серебра и ртути, установленное на Буреавской площади.

О наличии руд гидрогенного типа в древних корках выветривания (в том числе куранахского типа) может свидетельствовать губчатое золото, имеющее вид мелких тороидальных зёрен с губчатой сердцевиной и мощной высокопробной оторочкой. Округлые формы золотин характерны для верхней зоны коры выветривания. Авторами статьи губчатое золото установлено на Черноречинской площади, что свидетельствует о её перспективах на оруденение типа древних кор выветривания.

Возможно также выявление месторождений золото-серебряного типа в связи с позднепалеозойским субшелочным магматизмом кислого состава в зонах глубинных разломов. На это указывает наличие средне-низкопробного «хрупкого» золота в виде зёрен характерной таблитчатой формы, выявленного на Усть-Илимской и Буреавской площадях.

В заключение хочется отметить, что в южной части платформы шлихо-геохимические ареалы золота распространены на площади более 700 тыс. км², что по масштабам соответствует крупной золоторудной провинции (см. рис. 1). Тематическими работами Иркутского ПГО на этой площади оконтурены около 20 шлиховых ареалов золота, из них 7 ареалов рекомендованы в качестве перспективных площадей для постановки поисковых работ. Исследования авторов статьи выполнены только на трёх наиболее доступных площадях и по небольшому числу проб. Однако первые результаты обнадеживают. Очевидно, что опережающие шлихо-геохимические исследования с использованием электронной микроскопии помогут разбраковать известные ареалы шлихового золота по степени перспективности на определённые типы руд и более целенаправленно проводить поисковые работы.

При проектировании поисковых работ следует учесть наличие промежуточных коллекторов, особенно юрских континентальных отложений с кластогенным золотом. Дело в том, что при размыве этих отложений формируются обширные шлиховые и геохимические ореолы рассеяния золота, затрудняющие поиск коренных рудных объектов в палеозойских отложениях. Осложняющим моментом является также кардинальное изменение речной сети при катастрофических сбросах воды по р. Ангара из Байкала [13]. Негативное влияние на эффективность поисковых работ оказывают трапповые sillы, бронирующие обширные площади на водоразделах рек, и перекрытые четвертичными отложениями, заболоченные долины.

Равнинная слабообнажённая поверхность и наличие промежуточных коллекторов являются основными причинами того, что промышленных месторождений золота на платформе до настоящего времени не выявлено. Как показал опыт поисковых работ на Бураевской площади, для их эффективного проведения в условиях платформы потребуется разработка нового прогнозно-поискового комплекса с упором на картировочное и поисковое бурение.

Электронно-микроскопические исследования золота выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ 16-17-10068 и в рамках «программы повышения конкурентоспособности ТПУ». Авторы благодарят ООО ПК «СПИРИТ» и Инжиниринговый центр ИГУ за помощь в организации полевых исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Ангаро-Енисейская. Лист N-48. Объяснительная записка. – Иркутск–СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2009. 574 с.+12 вкл. (Минприроды России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУНПП «Иркутскгеофизика»).
2. Кандер В. М., Ключанский Н. Г. Эпитермальная рудная минерализация на юге Сибирской платформы и её связь с трапповым магматизмом // Траппы Сибирской платформы и их металлогения: тезисы докладов второго Всесоюзного совещания. – Иркутск, 1971. – С. 104–105.
3. Киселев А. И., Ярмолюк В. В., Иванов А. В., Егоров К. Н. Пространственно-временные отношения среднепалеозойских базитов и алмазоносных кимберлитов на северо-западном плече Вилюйского рифта (Сибирский кратон) // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 2. – С. 185–196.
4. Кальниченко С. С., Иванов Н. М., Филиппов В. П. и др. Основные типы золотосодержащих месторождений осадочного чехла центральной части Восточно-Европейской платформы // Руды и металлы. – 1995. – № 6. – С. 5–15.
5. Константинов М. М. Золоторудные провинции мира. – М.: Научный мир, 2006. – 355 с.
6. Мазуров М. П., Быкова В. Г. Моделирование процесса формирования неизотермической зональности магнетитовых скарнов в рудно-магматических флюидных системах интрузивных траппов юга Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58 (5). – С. 661–673.
7. Мазуров М. П., Гришина С. Н., Истомин В. Е., Тутов А. Т. Метасоматизм и рудообразование в контактах долеритов с соленосными отложениями чехла юга Сибирской платформы // Геология рудных месторождений. – 2007. – Т. 49, № 4. – С. 306–320.
8. Никифорова З. С. Перспективы золотоносности востока Сибирской платформы // Наука и образование. – 2016. – № 4. – С. 25–34.
9. Олейников Б. В. Возможности и характер связи свинцовой и золотой минерализации с трапповым магматизмом на основе геохимических данных // Траппы Сибирской платформы и их металлогения: тезисы докладов второго Всесоюзного совещания. – Иркутск, 1971. – С. 106–108.
10. Страхов Л. Г. Рудоносные вулканические аппараты Юга Сибирской платформы. – Новосибирск: Изд-во Наука, Сибирское отделение, 1978. – 117 с.
11. Тверитинов Ю. И., Тверитинова Т. Ю., Брант С. Б. и др. Прогнозирование золотого оруденения на юге Восточной Сибири и Дальнего Востока. Геологические и изотопно-геохимические аспекты. – Иркутск, 2006. – 224 с.
12. Филиппов В. П., Краснов А. Н., Иванов Н. М. Основные черты геолого-металлогенической позиции комплексных золотоносных россыпей центральной части Русской платформы и перспективы их освоения // Отечественная геология. – 2018. – № 6. – С. 14–24.
13. Arzhannikov S. G., Ivanov A. V., Arzhannikova A. V. et al. Catastrophic events in the Quaternary outflow history of Lake Baikal // Earth-Science Reviews. – 2018. – V. 177. – P. 76–113.
14. Burgess S.D., Bowring S.A. High-precision geochronology confirms voluminous magmatism before, during, and after Earth's most severe mass-extinction // Science Advances. – 2015. – V. 1. e1500470.
15. Ivanov A. V., Demonterova E. I., Marfin A. E. et al. PGE and Au in ore-free dolerite sills of the Siberian Traps: Estimation of initial metal concentrations in mafic melts // Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits. – 2019. – V. 39. – P. 107–108.
16. Latyshev A. V., Veselovskiy R. V., Ivanov A. V. Paleomagnetism of the Permian-Triassic intrusions from the Tunguska syncline and the Angara-Taseeva depression, Siberian Traps Large Igneous Province: Evidence of contrasting styles of magmatism // Tectonophysics. – 2018. – V. 723. – P. 41–55.
17. Sluzhenikin S. F., Mokhov A. V. Gold and silver in PGE–Cu–Ni and PGE ores of the Noril'sk deposits, Russia // Mineralium Deposita. – 2015. – V. 50. – P. 465–492.

REFERENCES

1. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Angaro-Yeniseyskaya. List N-48. Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Angara-Yenisei series. Sheet N-48. Explanatory letter], Irkutsk–St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI publ., 2009, 574 p.+12 vkl. (Minprirody Rossii, Rosnedra, FGUP «VSEGEI», FGUNPGP «Irkutskgeofizika»). (In Russ.).
2. *Kander V. M., Klyuchanskiy N. G. Epitermal'naya rudnaya mineralizatsiya na yuge Sibirskoy platformy i yeye svyaz' s trappovym magmatizmom* [Epithermal ore mineralization in the south of the Siberian platform and its relationship with trap magmatism], *Trappy Sibirskoy platformy i ikh metallogeniya: tezisy dokladov vtorogo Vsesoyuznogo soveshchaniya*, Irkutsk, 1971, P. 104–105. (In Russ.).
3. *Kiselev A. I., Yarmolyuk V. V., Ivanov A. V., Yegorov K. N. Prostranstvenno-vremennyye otnosheniya srednepaleozoyskikh bazitov i almazonosnykh kimberlitov na severozapadnom pleche Vilyuyskogo rifta (Sibirskiy kraton)* [Spatial-temporal relationships of Middle Paleozoic basic rocks and diamondiferous kimberlites in the north-western shoulder of the Vilyui rift (Siberian craton)], *Geologiya i geofizika*, 2014, V. 55, No. 2, P. 185–196. (In Russ.).
4. *Kal'nichenko S. S., Ivanov N. M., Filippov V. P. et al. Osnovnyye tipy zolotosoderzhashchikh mestorozhdeniy osadochnogo chekhla tsentral'noy chasti Vostochno-Yevropeyskoy platformy* [The main types of gold-bearing deposits of the sedimentary cover of the central part of the East European platform], *Rudy i metally*, 1995, No. 6, P. 5–15. (In Russ.).
5. *Konstantinov M. M. Zolotorudnyye provintsii mira* [Gold ore provinces of the world] (In Russ.), Moscow, Nauchnyy mir publ., 2006, 355 p. (In Russ.).
6. *Mazurov M. P., Bykova V. G. Modelirovaniye protsessa formirovaniya neizotermicheskoy zonal'nosti magnezial'nykh skarnov v rudno-magmaticheskikh flyuidnykh sistemakh intruzivnykh trappov yuga Sibirskoy platformy* [Modeling of the formation process of non-isothermal zoning of magnesian skarns in ore-magmatic fluid systems of intrusive traps in the south of the Siberian platform], *Geologiya i geofizika*, 2017, V. 58 (5), P. 661–673. (In Russ.).
7. *Mazurov M. P., Grishina S. N., Istomin V. Ye., Titov A. T. Metasomatizm i rudoobrazovaniye v kontaktakh doleritov s solenosnymi otlozheniyami chekhla yuga Sibirskoy platformy* [Metasomatism and ore formation in the contacts of dolerites with salt-bearing sediments of the southern Siberian platform cover], *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2007, V. 49, No. 4, P. 306–320. (In Russ.).
8. *Nikiforova Z. S. Perspektivy zolotonosnosti vostoka Sibirskoy platformy* [Prospects for gold content in the east of the Siberian platform], *Nauka i obrazovaniye*, 2016, No. 4, P. 25–34. (In Russ.).
9. *Oleynikov B. V. Vozmozhnosti i kharakter svyazi svintsovoy i zolotoy mineralizatsii s trappovym magmatizmom na osnove geokhimicheskikh dannykh* [Possibilities and nature of the relationship between lead and gold mineralization and trap magmatism based on geochemical data], *Trappy Sibirskoy platformy i ikh metallogeniya: tezisy dokladov vtorogo Vsesoyuznogo soveshchaniya*, Irkutsk, 1971, P. 106–108. (In Russ.).
10. *Strakhov L. G. Rudonosnyye vulkanicheskiye apparaty Yuga Sibirskoy platformy* [Ore-bearing volcanic devices in the South of the Siberian platform], Novosibirsk, Nauka Sibirskoye otdeleniye publ., 1978, 117 p. (In Russ.).
11. *Tveritinov Yu. I., Tveritinova T. Yu., Brant S. B., Raskazov S. B., Brant I. S. Prognozirovaniye zolotogo orudneniya na yuge Vostochnoy Sibiri i Dal'nego Vostoka. Geologicheskiye i izotopno-geokhimicheskiye aspekty* [Forecasting gold mineralization in the south of Eastern Siberia and the Far East. Geological and isotope-geochemical aspects], Irkutsk, 2006, 224 p. (In Russ.).
12. *Fillipov V. P., Krasnov A. N., Ivanov N. M. Osnovnyye cherty geologo-metallogenicheskoy pozitsii kompleksnykh zolotonosnykh rosspyey tsentral'noy chasti Russkoy platformy i perspektivy ikh osvoyeniya* [The main features of the geological and metallogenic position of complex gold-bearing placers in the central part of the Russian platform and the prospects for their development], *Otechestvennaya geologiya*, 2018, No. 6, P. 14–24. (In Russ.).
13. *Arzhannikov S. G., Ivanov A. V., Arzhannikova A. V., Demonterova E. I., Jansen J. D., Preusser F., Kamenetsky V. S., Kamenetsky M. B. Catastrophic events in the Quaternary outflow history of Lake Baikal*, *Earth-Science Reviews*, 2018, V. 177, P. 76–113.
14. *Burgess S. D., Bowring S. A. High-precision geochronology confirms voluminous magmatism before, during, and after Earth's most severe mass-extinction*. *Science Advances*, 2015, V. 1, e1500470.
15. *Ivanov A. V., Demonterova E. I., Marfin A. E., Dudkin T. V., Fiorentini M. L., Kamenetsky V. S. PGE and Au in ore-free dolerite sills of the Siberian Traps: Estimation of initial metal concentrations in mafic melts*, *Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits*, 2019, V. 39, P. 107–108.
16. *Latyshev A. V., Veselovskiy R. V., Ivanov A. V. Paleomagnetism of the Permian-Triassic intrusions from the Tunguska syncline and the Angara-Taseeva depression, Siberian Traps Large Igneous Province: Evidence of contrasting styles of magmatism*. *Tectonophysics*. 2018, V. 723, P. 41–55.
17. *Sluzhenikin S. F., Mokhov A. V. Gold and silver in PGE–Cu–Ni and PGE ores of the Noril'sk deposits, Russia*. *Mineralium Deposita*. 2015, V. 50, P. 465–492.