

УДК 551

ГЕНЕЗИС ЗОЛОТОНОСНЫХ РОССЫПЕЙ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ИСТОЧНИКИ (ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)

© 2011 г. З. С. Никифорова, Б. Б. Герасимов, Е. Г. Тулаева

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН
677980 Якутск, проспект Ленина, 39;
E-mail: _znikiforova@yandex.ru*

Поступила в редакцию 02.04. 2008 г.

На основании изучения типоморфных признаков россыпного золота определен генезис золотоносных россыпей на востоке Сибирской платформы. Установлено, что в данном регионе широко распространены аллювиальные косовые россыпи, которые сформированы в основном за счет размыва разновозрастных золотоносных коллекторов. Обнаружение в четвертичных отложениях золота с признаками эоловой обработки позволяет прогнозировать эоловые россыпи золота в отдельных районах северо-востока и центральной части востока Сибирской платформы. Выявление по совокупности типоморфных признаков двух типов золота в кайнозойских отложениях свидетельствует, что россыпная золотоносность сформирована в основном за счет докембрийских источников, пространственно приуроченных к древним выходам фундамента, а также за счет рудопроявлений, распространенных локально, парагенетически связанных с тектоно-магматической активизацией мезозойского возраста. В связи с этим впервые обоснован вывод о двух основных этапах рудообразования на востоке Сибирской платформы — докембрийского и мезозойского.

Исследования по данной проблеме имеют важное фундаментальное научное и практическое значение, поскольку направлены на прогнозирование новых нетрадиционных типов рудных и россыпных месторождений золота. Следует обратить внимание, что восточная часть Сибирской платформы перекрыта мощным чехлом рыхлых отложений, в связи с этим традиционные методы прогнозирования и поиска россыпных и рудных месторождений не эффективны. Поэтому возникла необходимость детального изучения типоморфизма россыпного золота и закономерностей его распределения в этом регионе. Изучение россыпной золотоносности востока Сибирской платформы проводилось нами в трех основных золотоносных районах: Лено-Анабарском и Лено-Вилуйском междуречьях и в бассейне средней Лены с целью определения условий образования россыпей и прогнозирования их возможных коренных источников (рис. 1).

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ И ТИПОМОРФНЫХ ПРИЗНАКОВ ЗОЛОТА НА ВОСТОКЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Золотоносные россыпные проявления на востоке Сибирской платформы установлены еще в начале XX века. Золото встречается практически во всех водотоках, его среднее содержание колеблется от 10 до 200 мг/м³, однако крупные золотоносные россыпи до сих пор не обнаружены, так

же как и не выявлены коренные источники золота, послужившие причиной образования столь обширной знаковой золотоносности.

Существует несколько точек зрения о первоисточниках россыпной и коренной золотоносности на востоке Сибирской платформы. Б.Р. Шпунт с соавторами [1976], изучая золотоносность докембрия Анабаро-Оленекского междуречья, предположили, что основными источниками формирования россыпной золотоносности послужили кварц-карбонатные жилы раннепротерозойского возраста и метаморфизованные протерозойские конгломераты, приуроченные к выходам кристаллического фундамента Анабарского щита, Уджинского и Оленекского поднятий. Ю.Н. Трушков с соавторами [1975] высказали предположение, что основная рудоносность золота Вилуйской синеклизы связана с тектоно-магматической деятельностью разного возраста, проявленной в Сунтарском и Якутском сводовых поднятиях в виде интрузий кислого и щелочного состава. Россыпная золотоносность данной территории объясняется ими многократным переотложением золота из древних золотоносных коллекторов в более молодые. В.Н. Зверев [1925] образование россыпной золотоносности юго-востока Сибирской платформы обосновывает привнесом золота с Байкало-Патомского надвигового пояса. Б.В. Олейников с соавторами [1995], В.А. Амузинский и А.В. Коробицин [1995], изучая геологию и металлогению средней Лены, пришли к выводу, что источниками формирования россыпей являлись золотоносные

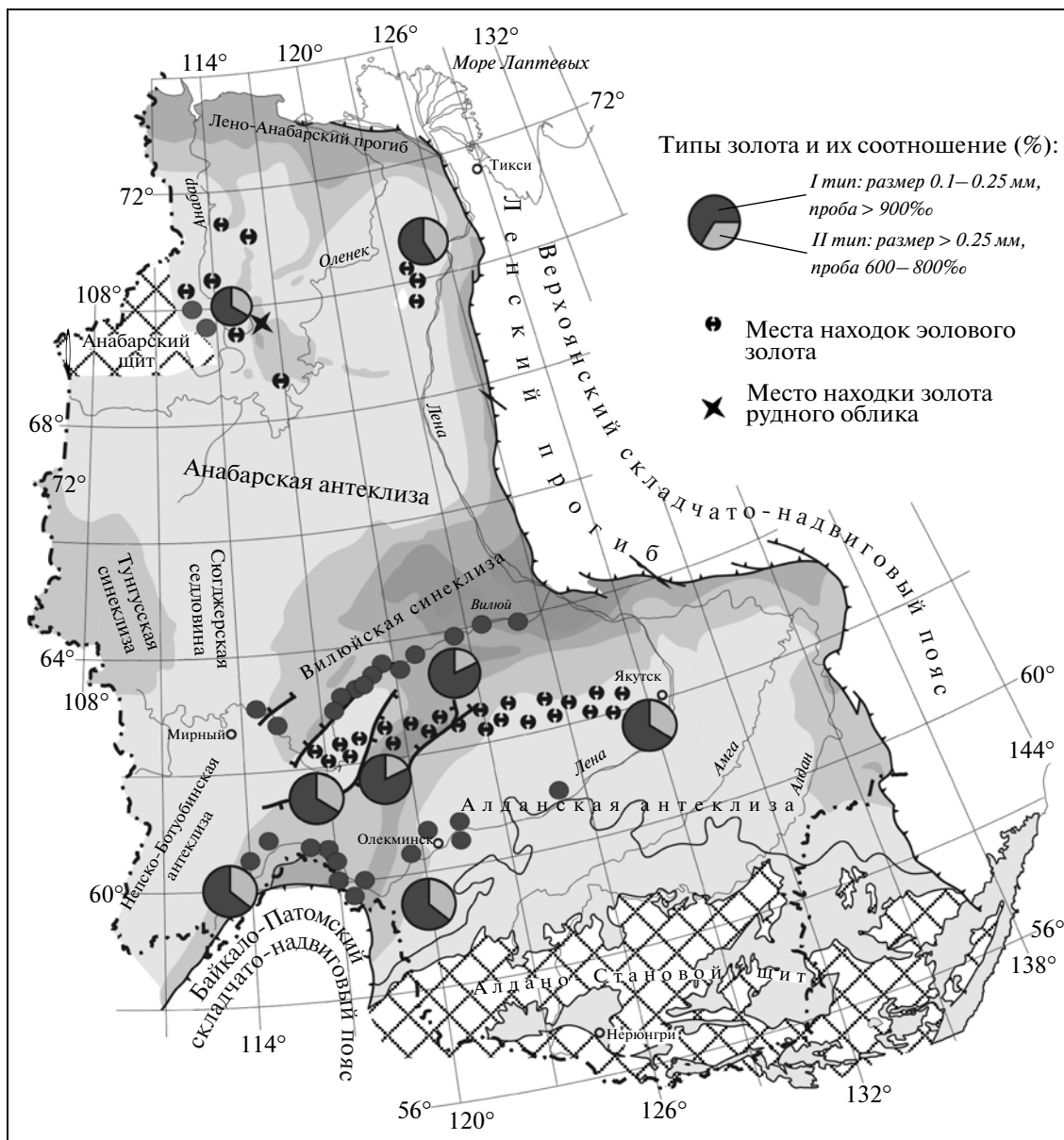


Рис. 1. Схема распространения золота по типоморфным признакам в россыпях востока Сибирской платформы (на основе карты рельефа кристаллического фундамента востока Сибирской платформы) [Прокопьев и др., 2001].

рудопроявления докембрийского возраста. В.А. Михайлов [1990], анализируя историю геологического развития Вилюйской синеклизы, высказал предположение, что россыпи сформированы не только за счет поступления золота из золотоносных докембрийских толщ, но и за счет коренных источников мезозойского возраста, образованных в результате широко проявленной тектоно-магматической активизации.

Б.Р. Шпунт [1974] и Э.Д. Избеков [1972], изучая россыпное золото из аллювиальных отложений восточной части Сибирской платформы, выделили по минералогическим особенностям и по месту находок восемь типов золота. Б.Р. Шпунтом [1974] на се-

веро-востоке Сибирской платформы выявлены по типоморфным признакам три типа золота, условно названные “анабарский”, “оленокский” и “уджинский”. Соответственно, Э.Д. Избеков [1972] по морфологии россыпного золота в центральной части востока Сибирской платформы (Вилюйская синеклиза) выделил пять типов – “вилюйский”, “баагинский”, “чокульский”, “кюелляхский” и “белигес-хайский”.

На востоке Сибирской платформы россыпное золото в четвертичных отложениях представлено в основном чешуйчатыми и пластинчатыми формами, которые, по Э.Д. Избекову [1972], относятся к “вилюйскому” типу. Кроме широко распростра-

ненного чешуйчатого и пластинчатого золота “вилюйского” типа, на северо-востоке Сибирской платформы в обрамлении Анабарского массива Б.Р. Шпунтом [1974] выявлен “анабарский” тип золота рудного облика, представленный друзовидными, дендритовидными, комковидными формами. По его мнению, этот тип золота связан с зонами распространения сульфидно-кварцевых жил, преимущественно приуроченных к интрузиям гранитоидов среднепротерозойского возраста. Следует отметить, что на данной территории Б.Р. Шпунтом [1974] в районе Уджинского поднятия и Э.Д. Избековым [1972] на Вилульской синеклизе обнаружены и детально изучены необычные формы золота – тороидальное и шаровидно-пустотелое. Б.Р. Шпунт [1974] выделил его как “уджинский” тип золота и объяснил его происхождение хемогенными процессами. Э.Д. Избеков [1972] подразделил подобное золото на несколько типов (по названию водотоков): тороидальное – “баагинский”; шаровидно-пустотелое – “чокульский”; пластинчатые и таблитчатые с валиком по периферии – “кюелляхский”. Генезис выделенных типов золота Э.Д. Избеков [1972] связал с механическим преобразованием чешуйчатого и пластинчатого золота в прибрежно-пляжевых условиях.

К тому же, Э.Д. Избеков [1972] на Вилульской синеклизе и Б.Р. Шпунт [1974] на Оленекском поднятии, изучив золотоносность разновозрастных коллекторов, обнаружили в них золото рудного облика, которое было названо ими по месту находок “оленекское” [Шпунт, 1974] и “белигесхайское” [Избеков, 1972]. В результате обнаружения золота рудного облика в золотоносных коллекторах в дальнейшем, последующими исследователями, велись поиски рудных источников.

ТИПОМОРФНЫЕ ПРИЗНАКИ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Детальное изучение типоморфных признаков россыпного золота и закономерности его распределения позволили выявить, что “вилуйский” тип золота, представленный чешуйчатыми и пластинчатыми золотиными, встречается во всех аллювиальных отложениях изученных водотоков. Однако наряду с типичными золотиными аллювиальных косовых россыпей в некоторых водотоках обнаружено золото необычной формы. Это золото представлено тороидальными и шаровидно-пустотелыми, а также чешуйчатыми, пластинчатыми, таблитчатыми с валиками по периферии и комковидными формами с округлыми выступами со специфической, пленочно-волокнистой поверхностью [Никифорова, 1999а] (рис. 2). Генезис этих необычных форм, по-нашему мнению, связан с механическим преобразованием различных

форм золота в эоловых условиях в результате воздействия песчано-воздушного потока, что было доказано нами ранее экспериментально [Филиппов, Никифорова, 1988]. В дальнейшем было установлено, что эоловое золото встречается в осадочных отложениях от протерозоя до кайнозоя и характерно для всех платформенных областей [Никифорова 1999б]. Это золото представляет не только минералогический интерес, но и образует высокие концентрации в россыпях [Никифорова и др., 1991, 2005].

Золото с признаками эоловой обработки обнаружено на Лено-Анабарском междуречье в бассейнах рек Анабар, Оленек, Эекит и др. [Герасимов, Никифорова, 2004, 2005]. Эоловое золото обнаружено практически во всех истоках крупных рек Лено-Вилуйского водораздела [Филиппов, Никифорова, 1990]. Золото тороидальной и шаровидно-пустотелой формы размером 0.1–0.16 мм установлено до 80–90% от всех присутствующих золотин в аллювии бассейнов рек Кенкеме (Чокул, Чакыа), Кемпендяй (Баага), Тонгуо (Табасында), Чебыда (Тымтайдах). Более крупное золото (1–2 мм) с признаками эоловой обработки выявлено в истоках рек Намана, Кемпендяй, Тенкинская Нурчуку и Буягинская Нурчуку. Эоловое золото, представленное в основном чешуйками с тонкими валиками по периферии обнаружено также в бассейне реки средней Лены, шаровидно-пустотелыми формами до 60–80% от всех присутствующих золотин – в устье р. Нюя и тороидальными (до 10–20%) мелкой фракции – в бассейне р. Витима. В результате изучения распределения эолового золота нами обнаружено, что высокие концентрации металла наблюдаются в основном в кайнозойских отложениях, сформированных в эпохи четвертичных оледенений, проявленных наиболее интенсивно в самаровское, каргинское и сартанское время.

Как было показано ранее [Филиппов, Никифорова, 1998], эоловые процессы повлияли не только на перераспределение и преобразование самого полезного компонента, но и на формирование рельефа и специфику отложений. Наиболее характерными формами эолового рельефа являются желоба и котловины выдувания, хорошо картируемые по аэрофотоснимкам и космоснимкам. Эоловые отложения характеризуются плащеобразным залеганием, присутствием незначительного количества глинистого материала и ветрогранников в продуктивном галечно-гравийном горизонте.

Таким образом, повсеместное присутствие золота с признаками эоловой обработки в кайнозойских отложениях Лено-Анабарского и Лено-Вилуйского междуречий на востоке Сибирской платформы свидетельствует о том, что россыпная золотоносность образована при значительном

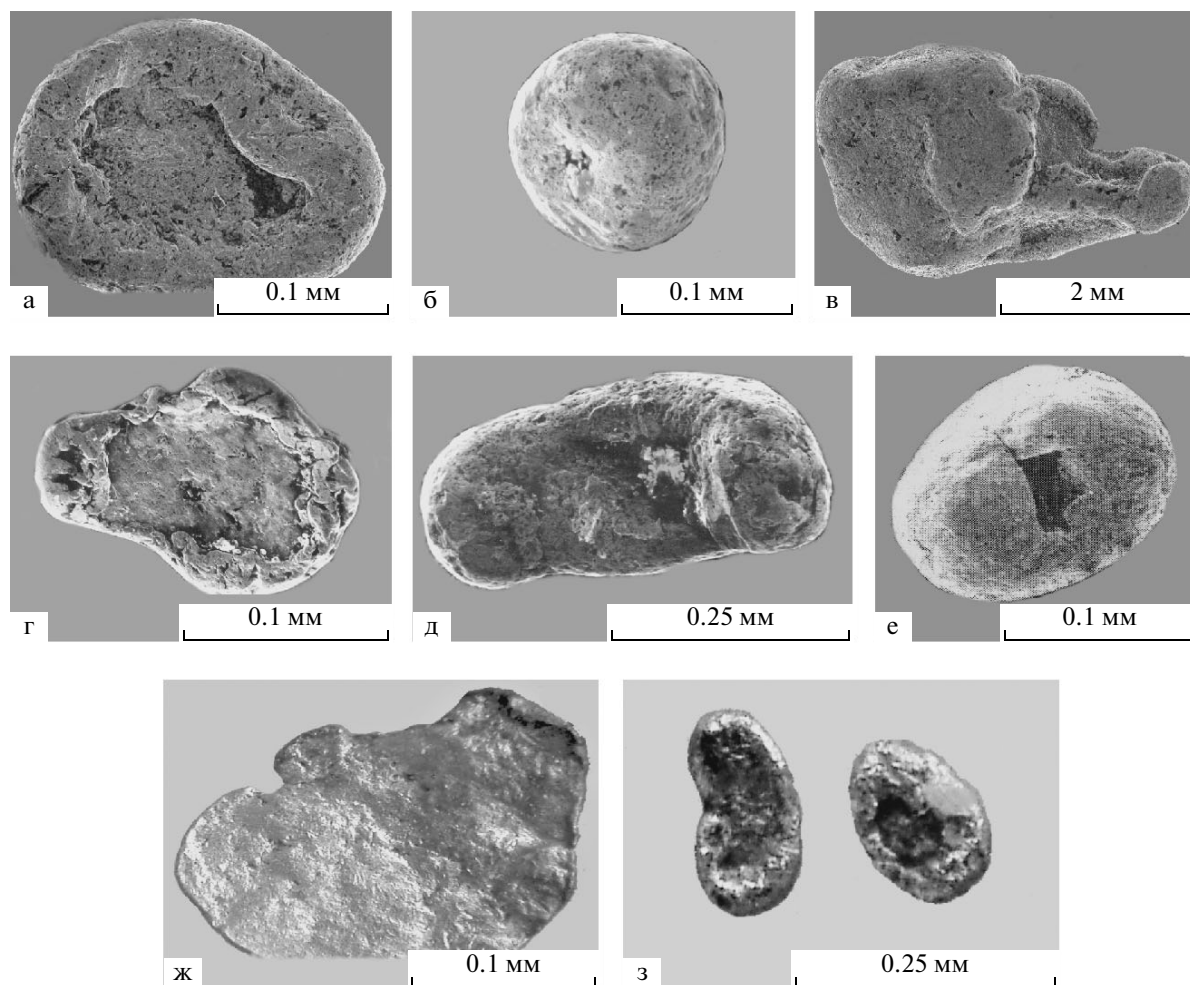


Рис. 2. Золото с признаками эоловой обработки из четвертичных отложений востока Сибирской платформы. а–в – Лено-Анабарское междуречье; г–е – Лено-Вилуйское междуречье; ж, з – бассейн среднего течения р. Лены.

влиянии эоловых процессов. В связи с этим обоснован вывод, что эоловые россыпные проявления, сформированные в период четвертичных оледенений, являлись промежуточными источниками для современных аллювиальных россыпей (см. рис. 1).

Изучение “белигес-хайского” и “оленинского” типов золота [Избеков, 1972; Шпунт, 1974] позволило впервые предположить, что данное золото преобразовалось в древних золотоносных конгломератах в результате воздействия литостатического давления вышележащих толщ. При этом произошло “вдавливание” минералов вмещающих отложений в золотины и образование их псевдосрастаний с кварцем, ильменитом, цирконом и другими минералами, что доказано экспериментально [Никифорова, Филиппов, 1990]. Установлено, что россыпное золото в древних конгломератах не сохраняет свои первичные морфологические особенности, а в результате воздействия литостатического давления вышележа-

щих толщ приобретает псевдорудный облик. К псевдорудному золоту относятся золотины с грубобоямчатой поверхностью с отпечатками вдавливания минералов вмещающих отложений, агрегаты золота с кварцем и другими минералами (рис. 3). Полученные результаты экспериментальных и минералогических исследований послужили основанием для отнесения выделенных ранее Б.Р. Шпунтом [1974] “оленинского” и Э.Д. Избековым [1972] “белигес-хайского” типов к золоту псевдорудного облика древних золотоносных коллекторов.

Золотины псевдорудного облика и золотины с отпечатками вдавливания минералов на поверхности вмещающих отложений широко распространены, наряду с типичным россыпным золотом, в аллювиальных отложениях четвертичного возраста практически во всех водотоках востока Сибирской платформы. Псевдорудное золото также обнаружено нами в золотоносных коллекторах рифейского и пермского возраста в бассей-

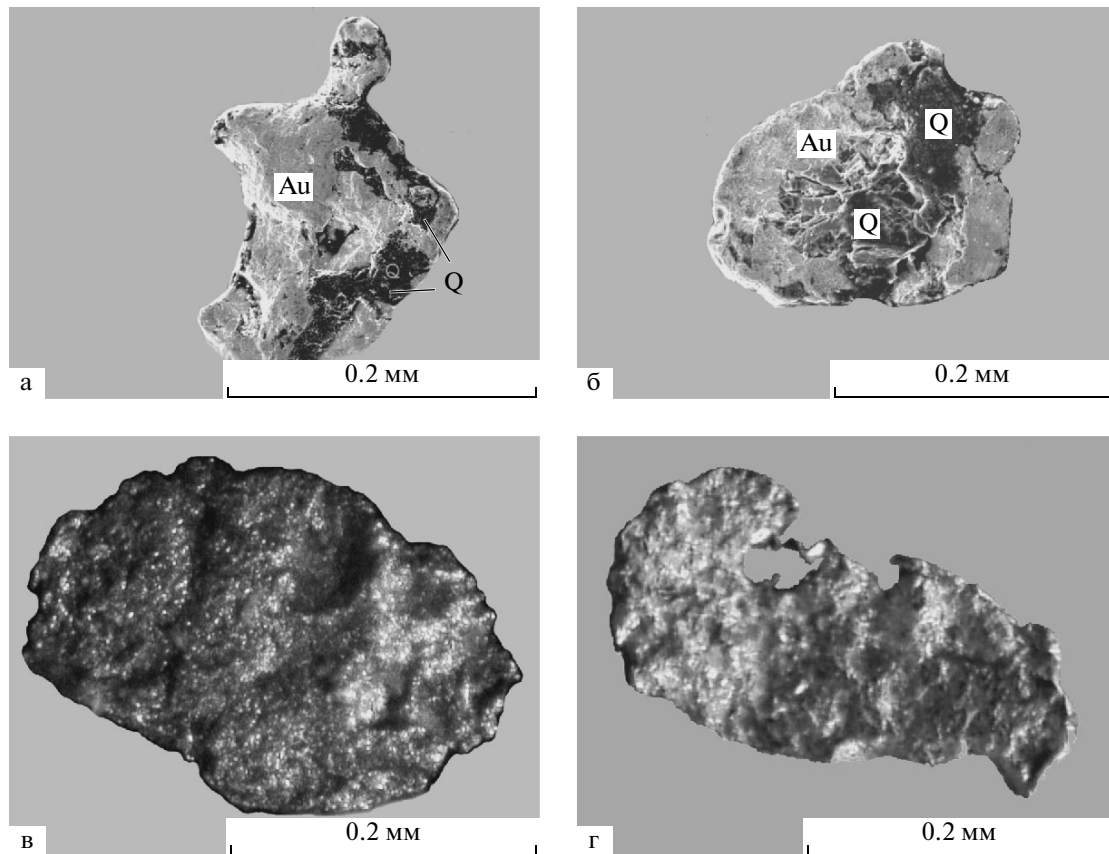


Рис. 3. Псевдорудное золото из разновозрастных отложений востока Сибирской платформы.

а, б – псевдоростки золота (Au) с кварцем (Q); в, г – пластинчатые золотины с отпечатками вдавливания на поверхности минералов вмещающих отложений.

не р. Экиит, в юрских и меловых коллекторах бассейнов рек Вилюя и средней Лены [Никифорова, Сурнин, 2001; Никифорова и др., 2004; Герасимов, Никифорова, 2004, 2005; Тулаева и др., 2004; Тулаева, Никифорова, 2005]. Таким образом, присутствие в аллювиальных отложениях золотины с признаками вдавливания на поверхности минералов вмещающих отложений свидетельствует о поступлении металла не из коренных источников, а из золотоносных коллекторов различного возраста.

Анализ детального изучения совокупности типоморфных признаков (гранулометрия, морфология, химический состав, внутренняя структура, включения и т.д.) россыпного золота из аллювиальных отложений востока Сибирской платформы позволил впервые выделить два типа россыпного золота. В частности, они установлены в бассейне средней Лены (юго-восток Сибирской платформы) (рис. 4). Выделенные индикаторные признаки двух типов россыпного золота характерны для всего востока Сибирской платформы.

Первый тип россыпного золота представлен в основном чешуйчатыми и пластинчатыми золо-

тинами размером 0.1–0.25 мм. Такие частицы наиболее подвижны и переносятся на десятки и сотни км, образуя аллохтонные россыпи. По химическому составу это золото в основном высокопробное >900‰, с очень малым набором элементов-примесей, для него характерна высокая степень преобразования внутреннего строения. Обнаруженные в золоте в основном рекристаллизованные структуры и мощные высокопробные оболочки свидетельствуют о его неоднократном переотложении и длительном пребывании в экзогенных условиях.

Золото данного типа присутствует не только в четвертичных отложениях, но и в разновозрастных золотоносных коллекторах, начиная от рифея до кайнозоя. К примеру, золото из кварцево-карбонатных жил протерозойского возраста, а также из рифейских и пермских золотоносных конгломератов бассейна р. Экиит на северо-востоке Сибирской платформы обладает схожими типоморфными признаками [Герасимов, Никифорова, 2004]. Размер золотины – 0.1–0.16 мм, оно характеризуется высокой пробностью (более 900‰) и практически полным отсутствием элементов-примесей (рис. 5). Выявление общих ти-

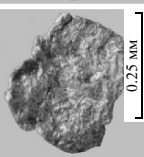
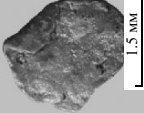
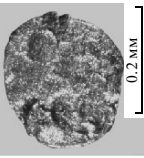
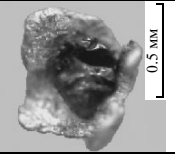
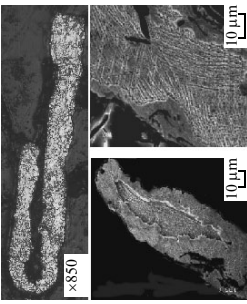
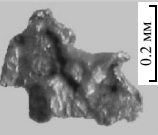
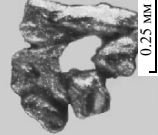
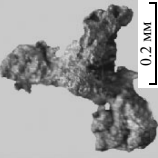
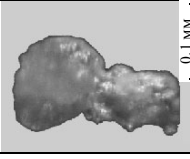
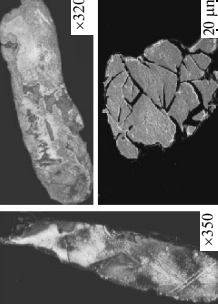
Типы золота	Размеры	Формы	Окатанность	Поверхность	Пробность	Элементы-примеси	Сростки	Микро-включения	Внутреннее строение
I тип Из золотососных коллекторов	0.1–0.25 мм	Чешуйчатые Пластинчатые 	Хорошая 	Тонкошагреневая, шагрeneвая, нередко с округлыми опечатками вдавливания минералов 	900–1000‰	Микрозондовый анализ: Cu – 0.2–1.69%, ед.зн. 4.6%; Hg – 0.2–1.57%	Псевдоростки с окатанными минералами (ильменит, циркон, кварц) 	Очень редко сульфиды (пирит, арсенопирит)	Полная рекристаллизация, мощная высокопробная оболочка (20–30 мкм), линии пластических деформаций 
II тип Из коренных источников	0.25–0.5 мм 0.5–1 мм 1 мм и более	Комковидные, толстопластинчатые рудного облика 	Слабая 	Грубшагреневая, грубоямчатая 	800–899)‰ – 50–70%, (700–799)‰ – 10–35%, (600–699)‰ – 5–15%	Микрозондовый анализ: Cu – ниже предела обнаружения, ед.зн. до 1.05%; Hg – 0.2–6.2%. Атомно-эмиссионный спектральный анализ: Cu > 0.1%, Pb < 0.0002%, Pd < 0.0006%, Ni < 0.0005%, Bi – 0.0016%, Fe – 0.0068%, Zn < 0.0005%	Сростки с халцедоновидным кварцем 	Сульфиды (пирит, арсенопирит), теллуриды (пелитт)	Неявнозональные структуры, тонкая высокопробная оболочка (1–2 мкм) на золоте низкой пробности (р.р. Токко, Торго); структуры эндогенных преобразований – грануляции и дезинтеграции (р.р. Джерба, Бол. Патом) 

Рис. 4. Типоморфные признаки двух типов россыпного золота в бассейне средней Лены.

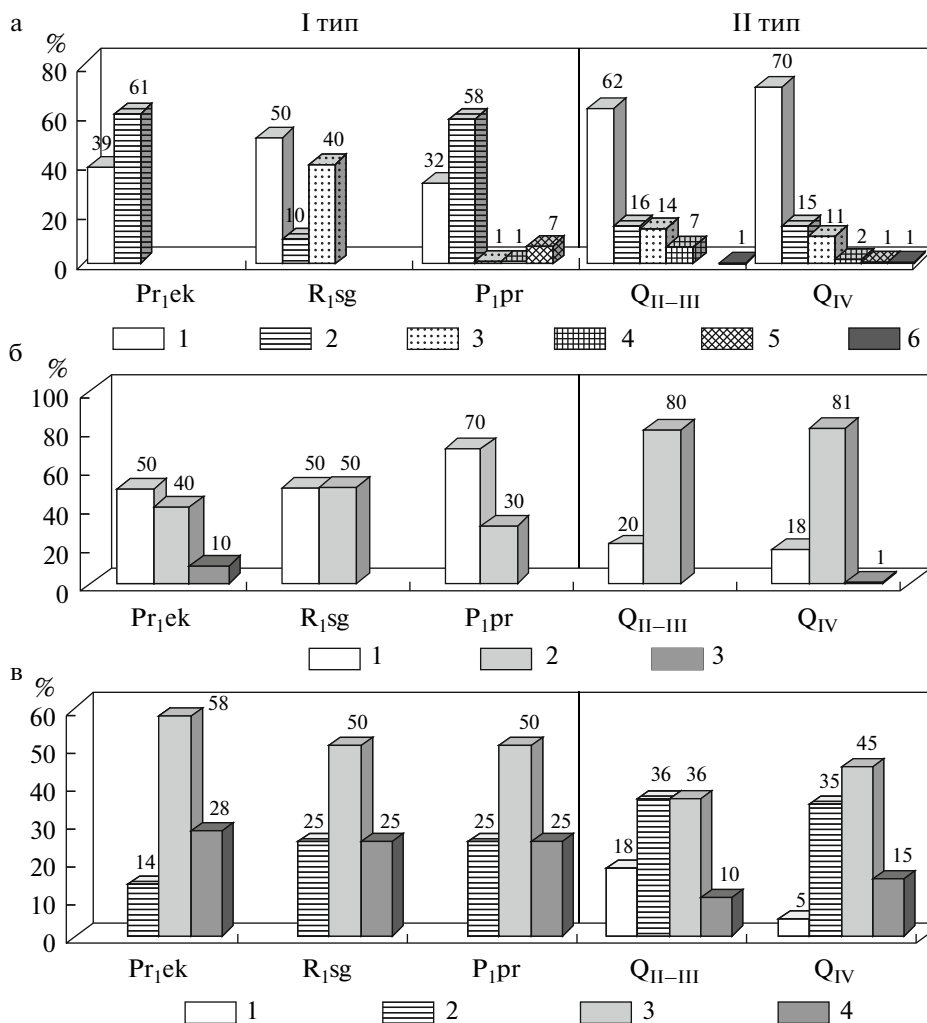


Рис. 5. Типоморфные признаки золота двух типов из различных по возрасту отложений бассейна р. Экит.
 а – формы частиц золота: 1 – пластинчатая, 2 – комковидная, 3 – таблитчатая, 4 – шаровидно-пустотелая, 5 – тородальная, 6 – палочковидная;
 б – распределение золота по гранулометрическому составу, мм: 1 – 0.1–0.16, 2 – 0.2–0.25, 3 – 0.5;
 в – гистограммы пробыности золота, %: 1 – 700–799, 2 – 800–899, 3 – 900–950, 4 – 951–998, n – частота встречаемости, %.

поморфных признаков золота независимо от возраста отложений указывает на его неоднократное переотложение из древних уровней в более молодые. Подтверждением этому служит унаследованный состав обломков магматических и метаморфизованных пород в золотоносных коллекторах от рифея до перми. По данным Б.Р. Шпунта с соавторами [1976], базальные пачки сыгынахтахской свиты раннего рифея были сформированы за счет размыва высоkozрелых продуктов предрифейской коры выветривания. Галька конгломератов состоит в основном из кварца (более 95%). Кроме него в конгломератах встречаются кварциты, яшмоиды, метаморфизованные песчаники и алевролиты. Песчаники и гравелиты, цементирующие галечный материал и образующие прослойки в конгломератах, также существенно кварцевые.

Нижнепермские золотоносные базальные конгломераты, которые перекрывают нижнепротерозойские толщи с кварц-карбонатными золоторудными проявлениями и гранитоиды с их жильными дериватами, представлены такими же обломками пород. Состав гальки также существенно кварцевый (около 95%). В подчиненном количестве присутствуют обломки нижнепротерозойских метаморфизованных пород, кремней и кварцито-песчаников. Цементом конгломератов являются грубозернистые аркозовые песчаники и гравелиты, которые слагают прослойки толщиной от 0.6 до 2.0 м. По мнению Б.И. Прокопчука с соавторами [1988], пермские отложения также образовались за счет местных источников, поскольку обломочный материал не подвергался переносу на значительные расстояния. Окатанность

галечного материала он объясняет неоднократным переотложением его из терригенных толщ докембрийского и допермского возраста.

Таким образом, современная россыпная золотоносность данного региона сформирована в основном за счет переотложения золотоносных отложений из докембрийских пород, о чем свидетельствует не только одинаковый литологический состав золотоносных конгломератов, но и общность типоморфных признаков россыпного золота.

Золото первого типа образует широкий ореол рассеяния в обрамлениях древних выступов фундамента востока Сибирской платформы (Анабарский и Алданский щиты, Уджинское, Оленекское, Сунтарское, Якутское поднятия). Оно широко распространено во всех водотоках бассейнов рек Лено-Анабарского, Лено-Вилуйского междуречий и средней Лены. Полученные результаты анализа типоморфных признаков россыпного золота первого типа из разновозрастных золотоносных коллекторов и закономерности его распределения позволили впервые убедительно показать, что золотоносность современных россыпных проявлений сформировалась при неоднократном переотложении россыпного золота из древних уровней в более молодые.

Золото второго типа распространено локально на востоке Сибирской платформы и по совокупности типоморфных признаков резко отличается от золота первого типа.

В пределах Лено-Анабарского междуречья (северо-восток Сибирской платформы) золото второго типа обнаружено, наряду с золотом первого типа, в русловых отложениях р. Анабар (р. Маят), а также в четвертичных аллювиальных отложениях бассейна рек Экиит и Эбелях [Герасимов, Никифорова, 2004, 2005; Никифорова и др., 2006]. Оно представлено в основном слабоокатанными золотинами с тонкошагренево-поверхностью, пластинчатыми и комковидными частицами размером более 1 мм, характеризуется низкой и средней пробностью 700–850‰, крупнозернистой структурой с тонкими высокопробными оболочками. Золото второго типа отличается от золота первого типа более крупным размером, слабой окатанностью и неизменной внутренней структурой, что свидетельствует о непродолжительном его пребывании в экзогенных условиях. Следует особо подчеркнуть, что данное золото обнаружено в четвертичных отложениях и про-

странственно приурочено к Молодо-Попигайской системе разломов, неоднократно подновляемых в мезозойское время. В связи с этим обоснован вывод о том, что россыпная золотоносность сформирована не только за счет поступления металла из древних золотоносных коллекторов, но и за счет дополнительных рудных источников, связанных с более молодой тектоно-магматической активизацией, вероятно, мезозойского возраста. Дополнительным подтверждением этого вывода служат данные, полученные Б.Р. Шпунтом с соавторами [1976] при исследовании рудной минерализации и состава рудных минералов в магматических породах среднего протерозоя, а также рифейских и пермских осадочных отложениях. Ими установлено, что содержание золота в этих зонах наложенной гидротермальной золоторудной минерализации достигает 1.8 г/т. На основании полученных результатов было выдвинуто предположение о формировании этих рудопроявлений в послепермский период.

В бассейне р. Эбелях, на северо-востоке Сибирской платформы золото рудного облика впервые было обнаружено в аллювии руч. Моргогор при проведении геологоразведочных работ на поиски алмазов [Никифорова и др., 2006]. Анализ гранулометрического состава россыпного золота на протяжении 25 км в аллювии показал, что в россыпи не происходит дифференциации золота по крупности. Частицы золота размером 1–2 мм и более встречаются как в истоке, так и в устье ручья (рис. 6б). В классических россыпях, при наличии золотоносного источника в истоке ручья, обычно происходит естественная дифференциация металла по крупности, а при подпитке из дополнительного источника наблюдается неравномерное распределение металла в определенном участке долины ручья. Россыпное золото на всем протяжении руч. Моргогор характеризуется в основном пластинчатыми, реже комковидными и иногда таблитчатыми формами с микропористой поверхностью (см. рис. 6а, 6в). По степени обработанности россыпное золото имеет в основном слабую окатанность и прослеживается практически по всем линиям разведочных шурфов (см. рис. 6г). При изучении химического состава золота установлено, что основная его часть имеет среднюю пробность (800–899‰) – 30%, относительно низкую (700–799‰) – 25% и низкую пробность (600–699‰) – 5%. Золото высокой пробности 900–950‰ составляет более 14%, весьма высокой 950–

Рис. 6. Типоморфные признаки золота из аллювиальных отложений руч. Моргогор.

а – золото рудного облика с микропористой поверхностью;

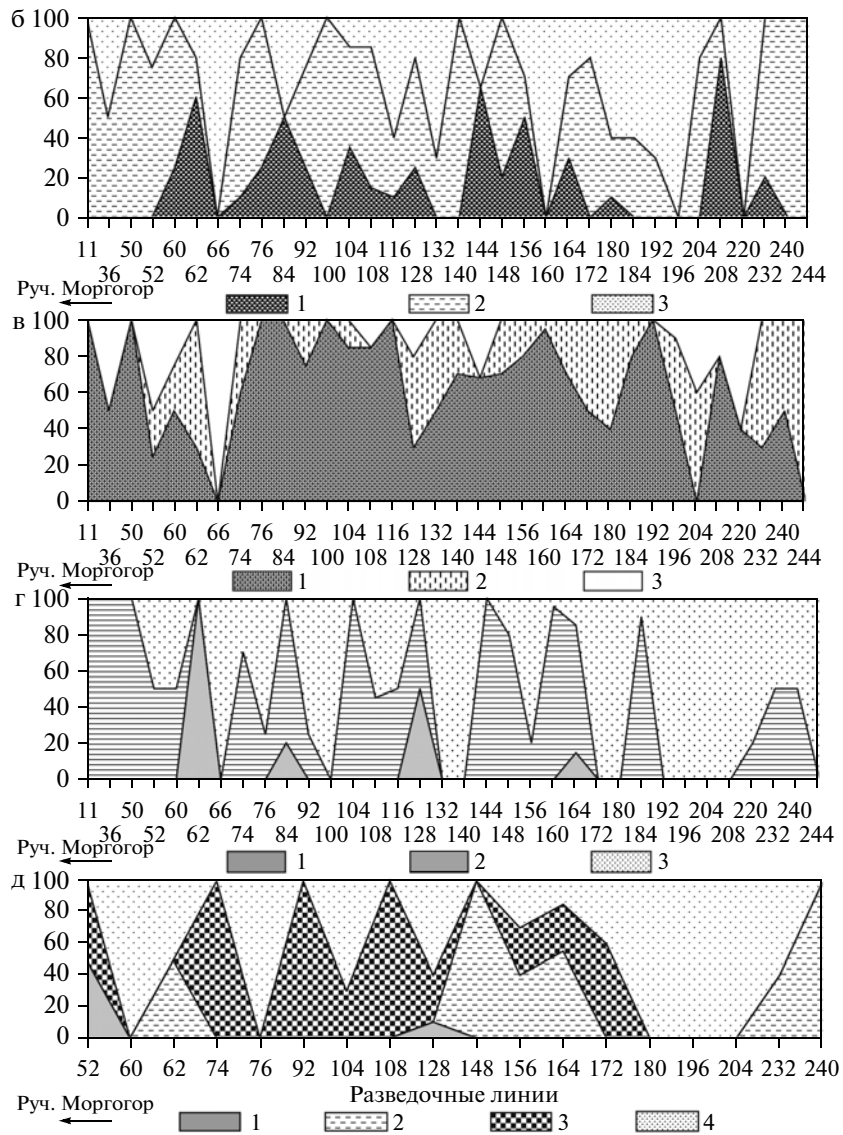
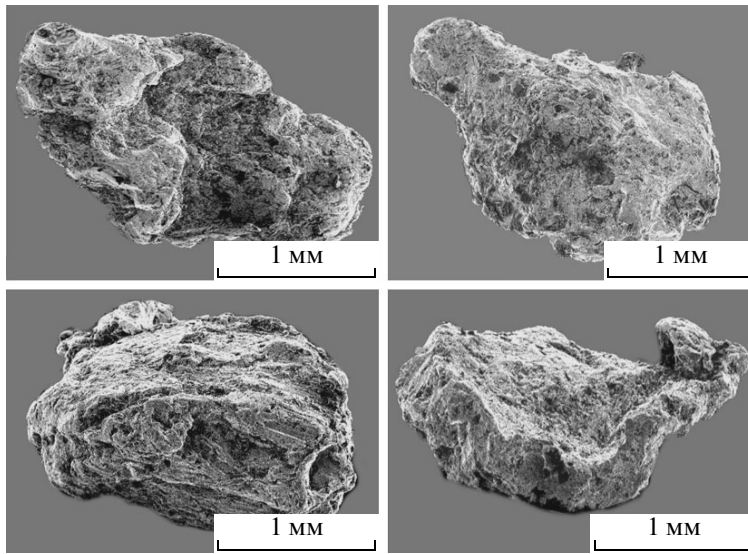
б – гранулометрический состав золота, мм: 1 – 0.5–1, 2 – 1–2, 3 – >2;

в – форма частиц золота: 1 – пластинчатая, 2 – комковидная, 3 – таблитчатая;

г – степень обработанности золотинок: 1 – необработанные, 2 – слабообработанные, 3 – хорошо обработанные;

д – пробность золота (‰): 1 – 600–699, 2 – 700–799, 3 – 800–899, 4 – 900–1000.

а



1000‰ — 26% (см. рис. бд). Распределение золота по пробности в русловых отложениях руч. Моргогор не имеет четкой закономерности. Поскольку слабооакатанное золото рудного облика размером 1–2 мм и более обнаружено на всем протяжении россыпи, выдвинуто предположение о том, что оно не переносилось на большие расстояния. Следовательно, рудные источники золота находятся в самом русле руч. Моргогор.

Исследуемая территория руч. Моргогор бассейна р. Эбелях, в которой обнаружено золото рудного облика, находится в зоне сочленения северо-восточного склона Анабарского поднятия, западного окончания Лено-Попигаевского вала и северо-западной части Суханского прогиба. Заложение рек в данном районе происходило по тектоническим нарушениям в мезозойское время [Рубенчик и др., 1980]. В результате последующей активизации тектонических движений произошла перестройка гидросети. Разрывные нарушения отмечаются также и в долине руч. Моргогор. Они фиксируются по минерализованным зонам брекчирования, ожелезнения и окварцевания, ширина которых колеблется от 3 до 50 м. Вероятно, эти зоны могут быть перспективными на обнаружение золоторудной минерализации, поскольку, по мнению Б.В. Олейникова с соавторами [1995], на востоке Сибирской платформы тектонические нарушения значительной протяженности служили путями миграции золотоносных гидротерм.

В течение позднеюрского и в начале раннеюрского времени в северной части Анабарской антеклизы проявился кимберлитовый магматизм. В истоке руч. Моргогор под покровом рыхлых кайнозойских отложений аэромагнитной съемкой установлены трубчатые тела неясного генезиса, выполненные туфами и туфобрекчиями, являющиеся, по-видимому, корнями вулканических аппаратов центрального типа [Рубенчик и др., 1980]. Наличие обломков кремней, кварца и других экзотических пород в русловых отложениях в бассейне руч. Моргогор и трубчатых тел неясного происхождения, могут свидетельствовать о формировании флюидно-эксплозивных структур, либо о проявлении эксплозивно-грязевого вулканизма. По мнению В.К. Маслова [1995а, 1995б], главной причиной образования золоторудных проявлений на Вилюйской синеклизе являлся щелочной магматизм позднеюрского-раннемелового возраста, связанный с эксплозивно-грязевым вулканизмом.

Таким образом, анализ геологического строения бассейна руч. Моргогор и результаты изучения россыпного золота рудного облика свидетельствуют о том, что россыпная золотоносность сформирована в основном за счет рудных источников, вероятно, мезозойского возраста. В связи

с этим в долине руч. Моргогор впервые прогнозируется наличие рудных источников золота пока неясного генезиса. Возможно, рудные источники золота связаны с флюидно-эксплозивными структурами, с эксплозивно-грязевым вулканизмом или с разрывными нарушениями мезозойского возраста, фиксирующимися минерализованными зонами брекчирования, ожелезнения и окварцевания.

В районе Лено-Вилюйского междуречья (восток Сибирской платформы) золото второго типа обнаружено в поле развития вулканитов, залегающих на меловых отложениях в истоках рек Арга-Дьели и Илин-Дьели, Кемпендйай, Намана, Тонгуо, Чыбыда и Кенкеме. В этих россыпных проявлениях, наряду высокопробным мелким золотом первого типа, отмечаются золотины размером 0.5–2 мм и более, представленные комковидными и пластинчатыми формами. Золото низкой и средней пробности (от 500 до 870‰) содержит элементы-примеси (Ag, Cu, Pb, As, Sb, Zn и др.), характерные для золоторудных месторождений вулканогенного генезиса. В изученных нами вулканитах на данной территории также прослеживается устойчивая Ag–Pb–Zn–Cu геохимическая ассоциация. Выявление как в вулканитах, так и в средне-низкопробном золоте устойчивой Ag–Pb–Zn–Cu геохимической ассоциации дает основание впервые предполагать парагенетическую связь эпitherмального золотого оруденения с вулканизмом. Следует особо подчеркнуть, что в четвертичных отложениях с высокими концентрациями кластогенного золота в россыпях отмечается большое количество обломков халцедоновидного кварца. Таким образом, наличие среднепробного и низкопробного золота с характерными элементами-примесями позволяет предполагать, что формирование рудопроявлений было связано с вулканической деятельностью мезозойского возраста, которая широко проявлена на территории Лено-Вилюйского междуречья.

Вулканическая деятельность мезозойского возраста в пределах Вилюйской синеклизы до сих пор слабо изучена. Однако нами при полевых исследованиях на Лено-Вилюйском междуречье в истоках рек Намана, Кемпендйай, Тонгуо, Чыбыда установлено широкое развитие вулканогенного материала, залегающего на отложениях мелового и частично юрского возраста [Nikiforova et al., 2007], что свидетельствует о высокой вулканической активности. К примеру, впервые в истоке р. Намана обнаружено жерло вулкана. Предварительное изучение продуктов деятельности предполагаемого вулкана показало, что они представлены андезит-базальтами, обломками стекла кислого состава и пемзой, а также псаммитовыми туфами, сцементированными вулканическим стеклом, туфоалевролитами и окремнелыми туфами, в которых наблюдаются хорошо выражен-

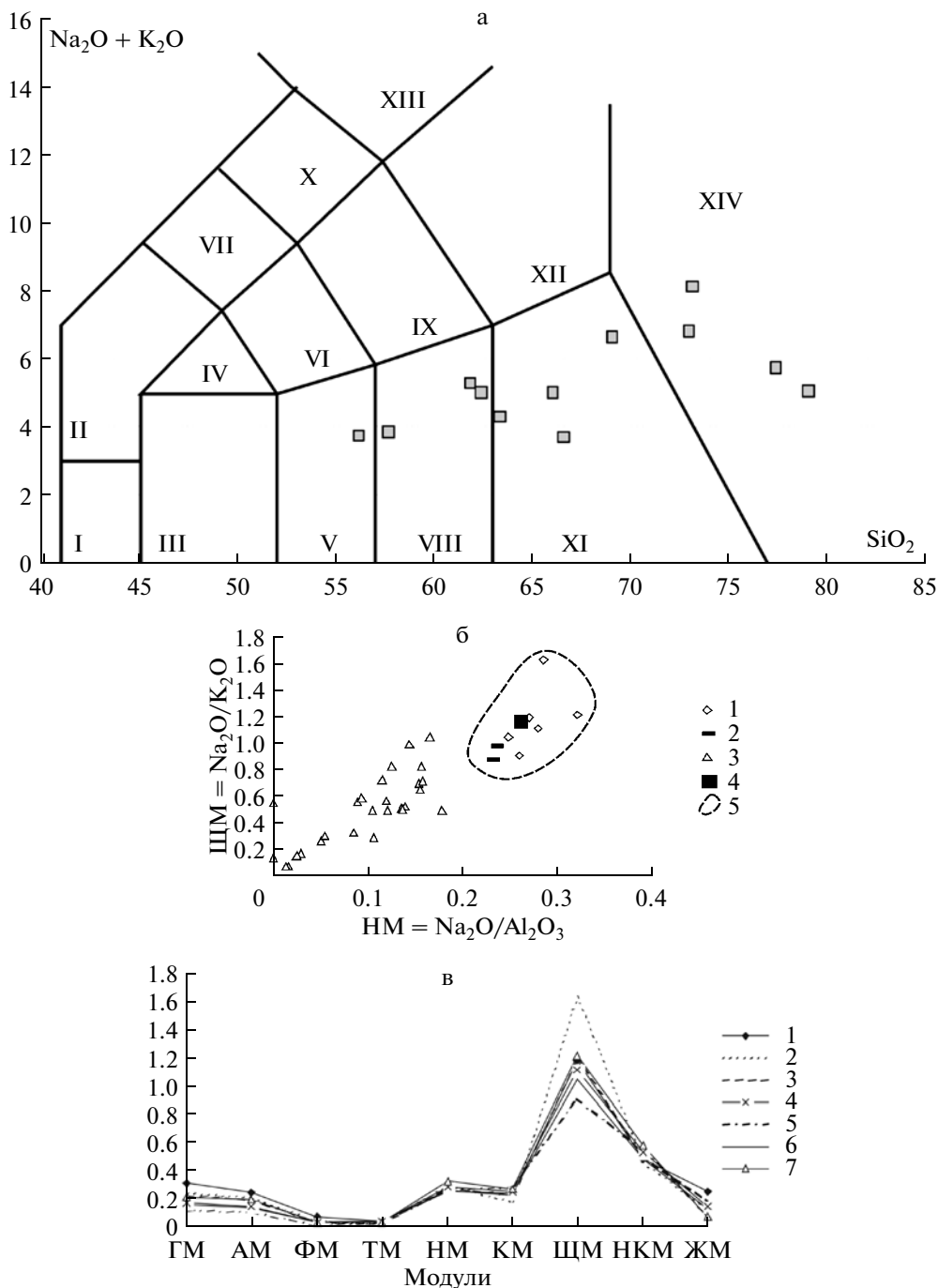


Рис. 7. Вулканиды Лено-Вилуйского междуречья.

а – классификационная диаграмма для вулканидов Лено-Вилуйского междуречья. Поля диаграммы [Классификация..., 1997]: I – пикробазальт; II – базанит и тефрит; III – базальт; IV – трахибазальт; V – базальтовый андезит; VI – базальтовый трахиандезит; VII – фонотефрит; VIII – андезит; IX – трахиандезит; X – тефрифонолит; XI – дацит; XII – трахидацит, трахит; XIII – фонолит; XIV – риолит;

б – модульная диаграмма для вулканогенных пород Лено-Вилуйского водораздела: 1 – псаммитовый туф, 2 – пелитовый туф, 3 – вулканиды измененные, 4 – дацит [Соловьев, 1986], 5 – Якутское поднятие;

в – модульные кривые для туфов псаммитовой размерности (бассейн р. Кенкеме): 1 – дацит [Соловьев, 1986], 2 – песчаник, 3 – песок, 4 – песок, 5 – песок, 6 – песок, 7 – песок.

ные кристаллокласты (рис. 7а, 7б). В обрамлении предполагаемого вулкана отмечаются карбонатные стяжения размером от 5 до 50 см, содержащие

пирокластический материал. На меловых отложениях наблюдаются слои зеленоватого пепла толщиной от первых сантиметров до двух метров.

К тому же, на данной территории обнаружены глины смектитового состава, которые являются продуктом переработки пеплового материала.

На территории Якутского поднятия (бассейн р. Кенкеме) также выявлены признаки вулканической деятельности. При полевых исследованиях было обращено внимание на рыхлые осадочные отложения, залегающие на породах мелового возраста. Следует отметить, что ранее эти отложения картировались как нормальные осадочные породы песчаной, алевритовой и пелитовой размерности. При петрохимическом изучении этих пород по методике Я.Э. Юдовича и М.П. Кетриса [2000] впервые получены данные, которые показали, что основным компонентом обломочного материала в них является пирокластический кислого состава. На диаграммах в различных координатах точки химического состава изученных пород попадают в область, соответствующую кислым магматическим породам (дацитам) и являются туфами псаммитовой, алевритовой и пелитовой размерности (см. рис. 7в).

Таким образом, результаты исследования типоморфных признаков россыпного золота, анализ закономерностей его распределения и сопоставление полученных результатов с геологическим строением региона позволяют впервые прогнозировать на Лено-Вилюйском междуречье золоторудные месторождения эпитермального типа, парагенетически связанные с вулканической деятельностью кислого магматизма трахит-андезит-риолитового состава мезозойского возраста [Никифорова, Ивенсен, 2008]. Месторождения золота, парагенетически связанные с кислым вулканизмом мезозойского возраста, широко известны на западе США [Berger, Eimon, 1982]. В золоторудной минерализации этих месторождений также отмечаются повышенные концентрации Ag, As, Hg, Sb, Tl, W, Cu, Zn, Pb и др. Эти месторождения парагенетически связаны с кварц-трахиандезитовым, дацитовым, риодацитовым и риолитовым вулканизмом, для них также характерно обширное окремнение, гидротермальное брекчирование и образование жил.

В бассейне средней Лены (юго-восток Сибирской платформы) золото второго типа обнаружено в аллювиальных отложениях рек Токко и Торго (Чара) [Тулаева и др., 2004]. Анализ типоморфных признаков россыпного золота из русловых отложений рек Токко и Торго показал, что наряду с доминирующим золотом дальнего сноса первого типа в этих отложениях присутствует до 40% золота рудного облика, представленного частицами комковидной и пластинчатой формы размером >0.25 мм (см. рис. 4). Это золото до 70% характеризуется средней (800–900‰) и низкой (500–700‰) пробностью (см. рис. 4). Содержание элементов-примесей Cu и Hg в золоте рек Токко и

Торго находится ниже предела обнаружения. В единичных золотилах обнаружены микровключения сульфидов и теллуридов. Во внутреннем строении золота выявлены неяснозональные структуры, нередко с тонкими высокопробными оболочками (см. рис. 4).

Выявленные индикаторные признаки россыпного золота – рудный облик, слабая окатанность, присутствие микровключений рудных минералов, неяснозональное строение и отсутствие мощных высокопробных оболочек – характерны для золота ближнего сноса (автохтонные россыпи) и свидетельствуют о непродолжительном пребывании золота в экзогенных условиях и поступлением его из близлежащих коренных источников, а не из древних золотоносных коллекторов. Полученные результаты исследования по типоморфизму золота подтверждаются ранее высказанными предположениями А.Ф. Петрова [1978], что россыпная золотоносность русловых отложений рек Токко и Торго частично сформировалась за счет рудопроявлений, пространственно приуроченных к системе глубинных разломов архейского и протерозойского возраста, неоднократно подновляемых в мезозойское время. По его мнению дополнительными источниками питания могли служить зоны золоторудной минерализации, выраженные ожелезнением, окварцеванием и сульфидизацией. Доказательством этого предположения служат данные А.Ф. Петрова [1978] по золотоносности рудопроявлений р. Торго. Им установлено, что содержание золота в этих зонах составляет от 0.2 до 10 г/т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение типоморфных признаков россыпного золота и закономерностей его распределения в отложениях восточной части Сибирской платформы позволило установить, что практически во всех аллювиальных, косовых россыпях золото представлено в основном чешуйчатыми и пластинчатыми золотилами первого типа дальнего сноса. Выявление золотин с признаками эоловой обработки дает основание утверждать, что в перераспределении металла и образовании россыпной золотоносности принимали участие эоловые процессы. В связи с этим обоснован генезис обширной знаковой россыпной золотоносности, которая образовалась как за счет гидродинамических, так и за счет эоловых процессов.

Присутствие в аллювиальных отложениях псевдорудного золота и золотин со следами вдавливания на поверхности минералов вмещающих отложений свидетельствует, что россыпные проявления в основном образованы при поступлении золота из древних золотоносных коллекторов, а не из коренных золоторудных источников.

Таким образом, типоморфные признаки россыпного золота позволяют установить его генетическую принадлежность (аллювиальное, эоловое, псевдорудное), что дает возможность более корректно реконструировать геолого-геоморфологическую обстановку россыпеобразования для конкретных типов россыпей. По результатам исследования типоморфизма россыпного золота на востоке Сибирской платформы выделены следующие генетические типы россыпей — аллювиальные (современные, древние — золотоносные коллектора) и эоловые (нетрадиционный тип).

Выявление в изученном регионе двух типов россыпного золота свидетельствует, что формирование россыпей происходило как за счет докембрийских коренных источников, так и за счет более молодых, т.е. выделяются два основных этапа рудообразования — докембрийский и мезозойский. Ранний этап рудообразования связан с тектоно-магматической деятельностью в докембрии, при этом формировались золотоносные руды, коры выветривания на них с последующим переотложением россыпного золота из отложений древних стратиграфических уровней в более молодые. Поздний этап рудообразования соответствует мезозойской тектоно-магматической активизации.

Предварительные результаты исследования химического состава золота (пробность, элементы-примеси) и микровключений в золоте дают возможность, в первом приближении, прогнозировать на востоке Сибирской платформы типы коренных источников, время их образования и местонахождение. Таким образом, на основании комплексного изучения типоморфных признаков россыпного золота и анализа закономерностей его распределения в отложениях восточной части Сибирской платформы впервые обосновывается перспективность обнаружения на данной территории докембрийских золоторудных источников. Приуроченность широкого ореола рассеяния мелкого высокопробного золота первого типа к древним выходам фундамента (на севере — Анабарскому, на юге — Алданскому, в центральной части — погребенным Сунтарскому и Якутскому поднятиям) дает основание выделять эти территории в качестве перспективных на поиски докембрийских коренных источников. В результате выявления характерных индикаторных признаков в золоте первого типа впервые установлено, что коренными источниками на востоке Сибирской платформы, вероятно, являлись кварц-карбонатные жилы раннепротерозойского возраста. По данным [Dunn, 1929; Dilabio et al., 1988; Giusti, 1986; Oberthur, Saagger, 1986; Freyssinet et al., 1988; Minter et al., 1993], россыпное золото Северо-Американской, Африканской и Австралийской платформ характеризуется аналогичными типоморфными признаками — чешуйчатыми форма-

ми, размером частиц 0.1–0.25 мм и высокой пробностью, выше 900‰. Сопоставление полученных результатов изучения типоморфизма золота первого типа на востоке Сибирской платформы с золотом известных крупных месторождений докембрийского возраста других платформ позволяет прогнозировать на данной территории обнаружение месторождений, подобных Керкленд-Лейк, Поркьюпайн, Колар, Морро-Велью и др.

Выявление золота второго типа в северо-восточной части Сибирской платформы в бассейнах рек Эекит, Анабар, Эбелях, в центральной ее части в истоках рек Лено-Виллюйского междуречья, а также на окраине юго-восточной ее части, в бассейне р. Торго свидетельствует о том, что образование коренных источников золота, вероятно, связано с тектоно-магматической деятельностью мезозойского возраста. Коренными источниками золота второго типа на северо- и юго-востоке Сибирской платформы служили минерализованные зоны брекчирования окварцевания, ожелезнения, проявленными по тектоническим системам разломов — Молодо-Попигайской и Чаро-Синской и др., подновляемых неоднократно в мезозойское время. Коренными источниками золота на территории Виллюйской синеклизы (восток Сибирской платформы), вероятно, являлись оруденения парагенетически связанные с мезозойским кислым вулканизмом. Таким образом, на востоке Сибирской платформы впервые прогнозируется эпитермальный тип золоторудных источников мезозойского возраста. Сравнение типоморфных особенностей золота второго типа (Лено-Виллюйское междуречье) с золотом известных золоторудных месторождений на Северо-Американской платформе, пространственно связанных с кислыми продуктами вулканической деятельности (трахиандезиты, дациты, риодациты и риолиты) дает основание впервые предполагать о формировании золоторудных месторождений мезозойского возраста эпитермального типа на Лено-Виллюйском междуречье.

Безусловно, прогнозирование коренных источников на основе изучения типоморфизма россыпного золота и закономерностей его распределения требует дальнейшего более детального изучения. Авторами данной статьи предприняты лишь первые попытки прогнозирования рудных источников на востоке Сибирской платформы.

В целом, выявленные индикаторные типоморфные признаки золота позволяют установить генезис обширной знаковой россыпной золотоносности и в первом приближении прогнозировать возможные коренные источники на востоке Сибирской платформы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 09-05-98604-р восток а) и гранта Президента РФ № НШ-147.2008.5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Амузинский В.А., Коробицин А.В.* Минералого-геохимическая оценка золотоносности палеозойских пород средней Лены // *Металлоносность осадочных и магматических комплексов средней Лены.* Якутск: ЯНЦ СО РАН ГУП “Полиграфист”, 1995. С. 44–65.
- Герасимов Б.Б., Никифорова З.С.* Эпохи формирования россыпной золотоносности бассейна р. Эекит (юго-восток Оленекского поднятия) // *Отечественная геология.* 2004. № 5. С. 3–6.
- Герасимов Б.Б., Никифорова З.С.* Россыпная золотоносность р. Маят (бассейн р. Анабар) // *Отечественная геология.* 2005. № 5. С. 38–41.
- Зверев В.Н.* Условия золотоносности Вилюйского района // *Изв. Геолкома.* 1925. Т. 44. № 5. С. 539–562.
- Избеков Э.Д.* Особенности россыпного золота Вилюйской синеклизы и прилегающих районов // *Россыпи золота и их связи с коренными источниками в Якутии.* Якутск: Книжное изд-во, 1972. С. 178–199.
- Классификация магматических пород и словарь терминов // *Рекомендации подкомиссии по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук.* М.: Недра, 1997. 248 с.
- Маслов В.К.* Золото в юрских отложениях Вилюйской синеклизы // *Геология и геофизика.* 1995а. Т. 36. № 1. С. 81–87.
- Маслов В.К.* Роль флюидного (грязевого) вулканизма в формировании раннеюрских отложений и полезных ископаемых Южной Якутии // *Геология и геофизика.* 1995б. Т. 36. № 7. С. 42–52.
- Михайлов В.А.* Источники питания металлоносных отложений Вилюйской синеклизы / Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Томск: Гос. университет, 1990. 20 с.
- Никифорова З.С., Филиппов В.Е.* Золото псевдорудного облика в древних конгломератах // *Докл. АН СССР.* 1990. Т. 311. № 2. С. 455–457.
- Никифорова З.С., Филиппов В.Е., Цаплин А.Е.* Эоловое золото одного из россыпных месторождений Тиманского кряжа // *Геология рудных месторождений.* 1991. Т. 33. № 2. С. 112–116.
- Никифорова З.С.* Типоморфные особенности эолового золота // *ЗВМО.* 1999а. Вып. № 5. С. 79–83.
- Никифорова З.С.* Закономерности размещения эолового золота // *Отечественная геология.* 1999б. № 4. С. 24–26.
- Никифорова З.С., Сурнин А.А.* К проблеме россыпной золотоносности средней Лены // *Отечественная геология.* 2001. № 5. С. 70–72.
- Никифорова З.С., Сурнин А.А., Герасимов Б.Б., Тулаева Е.Г.* Минералогия золота востока Сибирской платформы // *Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология.* Тезисы Третьего Всероссийского симпозиума с международным участием. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. С. 305–307.
- Никифорова З.С., Филиппов В.Е., Герасимов Б.Б.* Влияние эоловых процессов на образование золотоносных россыпей в различные эпохи развития Земли // *Геология и геофизика.* 2005. № 5. С. 517–528.
- Никифорова З.С., Базилевская Р.В., Герасимов Б.Б.* О находках рудного золота в бассейне р. Эбелях, северо-востока Сибирской платформы // *Отечественная геология.* 2006. № 5. С. 48–52.
- Никифорова З.С., Ивенсен Г.В.* К вопросу формирования эпitherмальных месторождений золота на территории Лено-Вилюйского междуречья // *Рудогенез. Материалы Международной конференции.* Миасс, 2008. С. 203–206.
- Олейников Б.В., Копылова А.Г., Томшин М.Д.* Распределение золота в некоторых геологических образованиях среднего Приленья // *Металлоносность осадочных и магматических комплексов средней Лены.* Якутск: ЯНЦ СО РАН ГУП “Полиграфист”, 1995. С. 66–73.
- Петров А.Ф.* Объяснительная записка к государственной геологической карте СССР масштаба 1 : 200000 (лист О-50-ХVIII – серия Бодайбинская). М.: Госгеолтехиздат, 1978.
- Прокопчук Б.И., Сочнева А.Г., Кривonos В.Ф.* Минеральный состав тяжелой фракции и источники сноса пермских отложений Лено-Анабарского междуречья (северо-восток Сибирской платформы) // *Известия АН СССР.* 1988. № 5. С. 82–92.
- Прокопьев А.В., Парфенов Л.М., Томшин М.Д., Колодезников И.И.* Чехол Сибирской платформы и смежных складчато-надвиговых поясов // *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия).* М.: Наука, 2001. С. 113–155.
- Рубенчик И.Б., Борщева Н.А., Зарецкий Л.М.* Объяснительная записка к геологической карте масштаба 1 : 200000 (лист R-50-VII, VIII). М.: Госгеолтехиздат, 1980.
- Соловьев В.И.* Меловой вулканизм Северо-Востока СССР. Новосибирск: Наука, 1986. 262 с.
- Трушков Ю.Н., Избеков Э.Д., Томская А.И., Тимофеев В.И.* Золотоносность Вилюйской синеклизы и ее обрамления. Новосибирск: Наука, 1975. 149 с.
- Тулаева Е.Г., Никифорова З.С., Сурнин А.А., Иванов П.О.* Формирование россыпных проявлений золота юго-востока Березовской впадины Предпатомского прогиба Сибирской платформы // *Отечественная геология.* 2004. № 5. С. 7–11.
- Тулаева Е.Г., Никифорова З.С.* Россыпная золотоносность Витимо-Пилкинского водораздела (Средняя Лена) // *Отечественная геология.* 2005. № 5. С. 29–34.
- Филиппов В.Е., Никифорова З.С.* Преобразование части самородного золота в процессе эолового воздействия // *Докл. АН СССР.* 1988. Т. 299. № 5. С. 1229–1232.
- Филиппов В.Е., Никифорова З.С.* Проявление эоловой золотоносности на Лено-Вилюйском водоразделе // *Минералогические аспекты металлогении Якутии и сопредельных территорий.* Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1990. С. 66–75.
- Филиппов В.Е., Никифорова З.С.* Формирование россыпей золота при воздействии эоловых процессов. Новосибирск: Наука, 1998. 160 с.
- Шпунт Б.Р.* Типоморфные особенности и генезис россыпного золота на севере Сибирской платформы // *Геология и геофизика.* 1974. № 9. С. 77–78.
- Шпунт Б.Р., Шамшина Э.А., Шаповалова И.Г. и др.* Докембрий Анабаро-Оленекского междуречья. Новосибирск: Наука, 1976. 142 с.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

- Berger B.R., Timon P.I.* Comparative models of epithermal precious metal deposits American Institute of Mining Engineers. 1982. Preprint 82–13. 36 p.
- DiLabio R.N.W., Newsome J.W., McIvor D.F., Lomenstein P.L.* The spherical form of gold: Man-made or secondary? // *Econ. Geol.* 1988. V. 83. P. 153–162.
- Dunn E.J.* *Geology of gold.* London: Charles Griffin, 1929. 303 p.
- Freyssinet Ph., Zeegers H., Tardy Y.* Morphology and geochemistry of gold grains in lateritic profiles of gold southern Mali // *Jour. Of Geoch. Explor.* 1988. V. 32. P. 17–31.
- Giusti L.* The morphology, mineralogy and behaviour of “fine-grained” gold from placer deposits of Alberta: Sampling and implications for mineral exploration // *Canadian Jour. Eart Sci.* 1986. V. 23. P. 1662–1672.
- Minter W.E.L., Goedhart M., Knight J.* Frimmel H.E. Morphology of Witwatersrand gold grains from the Basal reef: Evidence for their detrital origin // *Econ. Geol.* 1993. V. 88. № 2. P. 237–248.
- Nikiforova Z.S., Ivensen G.V., Filippov V.Ye.* Manifestations of volcanic activity in the Lena-Vilyui interfluvium and its association with gold mineralization // *International Symposium Large igneous provinces of Asia, mantle plumes and metallogeny.* Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2007. C. 182–184.
- Oberthur T., Saagge R.* Silver and mercury in gold particles from the Proterozoic Witwatersrand placer deposits of South Africa: Metallogenic and geochemical implications // *Econ. Geol.* 1986. V. 81. P. 20–31.