

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА
К ПОИСКАМ И РАЗВЕДКЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА
(НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ)

Ю.И. Гольдфарб¹, А.Н. Петров¹, В.К. Прейс², Д.А. Скурида³

¹ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО РАН,
ул. Портовая 16, г. Магадан, 685000; e-mail: yurygoldfarb@list.ru

²Северо-Восточный государственный университет (СВГУ), пер. Лукса 4, г. Магадан, 685000;
e-mail: Vikpreis@mail.ru

³ООО «Золотодобывающая корпорация», Кутузовский пр-т д. 35, кор. 1, г. Москва, 121165;
e-mail: d.skurida@inbox.ru

Поступила в редакцию 2 июля 2014 г.

Предлагается новый подход к исследованию аллювиальных россыпей золота на основе опыта по Северо-Востоку России. На основе генетически обусловленных геологических различий россыпей аллювиального типа выделены восемь их динамических видов: щеточные, эрозионные, шлейфовые, перлювиальные, косовые, равновесные, аккумулятивные, гравитационные. Они различаются по составу, объемному строению, форме в плане и в разрезе, размещению в речных долинах разной величины, связи с разными морфоструктурами, источникам золота и др. В богатых золотоносных районах, где много источников золота, россыпи разных видов часто сближены, образуя сложные россыпные месторождения. Самые сложные находятся в больших долинах. Охарактеризованы россыпи каждого вида и их сочетания. Их большие различия полезно учитывать, проектируя и проводя прогноз, поиски, разведку и разработку. Предлагаются некоторые направления дифференциации этих работ на разных этапах.

Ключевые слова: золото, россыпи, плотик, россыпной пласт, поиски, разведка, Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

Освоение россыпных месторождений на Северо-Востоке России продолжается более 80 лет. Добыто более 3000 т золота, и последние двадцать лет в Магаданской области 60–70 % золота добывается из россыпей, почти исключительно аллювиальных. Более полувека идет речь об их истощении. Но за это время на Чукотке, севере Якутии, даже в хорошо изученных верховьях Колымы найдено не только много новых россыпных месторождений, но и выделены богатейшие новые россыпные районы: Ичувеевский, Рывеевский, Куларский, Мальксиенский и другие.

Перспективы пополнения сырьевой базы россыпного золота обусловлены двумя факторами. 1. Недавнее обнаружение новых площадей и типов золотого оруденения. Так как они обнажены, им должны сопутствовать россыпи, в основном нетрадиционных видов. 2. Существующий до сих пор недифференцированный по сути подход к обнаружению и освоению пластовых россыпей, издавна ориентированный лишь

на простейшие из них. Другие поэтому не найдены, недоразведаны, недоосвоены, что также создает большие резервы россыпного золота. В пределах и по периферии приисковых районов вполне возможно выявление новых пластовых россыпей, а на обширных региональных равнинах и шельфе – нетрадиционных. Освоение тех и других может дать золота не меньше добытого.

Для обнаружения их, прежде всего, надо адекватно различать очень разные во многих отношениях аллювиальные россыпи. Схематичное деление их по крупности золота на пластовые и прочие, а пластовых – по несущественным внешним признакам, размерам или второстепенным особенностям строения, без учета основных геологических различий, мало сказывалось, пока осваивались в основном богатые и простые по строению россыпи в малых и средних долинах. Они в основном отработаны на глубинах до 60–300 м. Остались относительно бедные, очень сложные и разные пластовые, еще более сложные и

разные нетрадиционные. Независимо от условий и глубины их залегания, к ним нужен подход, учитывающий особенности их размещения, строения, состава.

Этому препятствуют представления о процессах формирования россыпей, основанные на идее пассивности или малой подвижности в водных потоках россыпеобразующего свободного золота. Они возникли более 50 лет назад, широко распространились и до сих пор доминируют, не позволяя объяснять и даже замечать ряд геологических особенностей аллювиальных россыпей. Применяемые их классификации на базе таких представлений не учитывают генетические различия, только констатируют некоторые видимые вторичные. На них базируются все методические рекомендации и руководства по их поискам и разведке. Прежде полезные, они давно уже тормозят развитие отрасли.

Авторы многие годы в организациях Министерства цветных металлов СССР и Мингео России занимались прогнозом, поисками, разведкой и освоением россыпных месторождений и пришли к выводу, что эффективность этих работ можно повысить лишь на основе разделения россыпей аллювиального типа на виды и подвиды по генетическому принципу. Его начал разрабатывать Ю.А. Билибин (1938), но не сформулировал, не завершил его, и оно было надолго забыто. Возрождение, развитие и использование его поможет выявить резервы россыпного золота на Северо-Востоке и в других регионах России.

НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЯЕМЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ, ИХ ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЯ

При поисках и разведке месторождений полезных ископаемых всегда используется опыт предыдущих работ на подобных месторождениях. Важно верно и вовремя определить их подобие, что делается с помощью практических подразделений, называемых классификациями. Основанные на научных, как правило, генетических классификациях, они призваны отражать самые существенные черты сходства и различия объектов. Практические классификации россыпей золота не исполняют эту функцию, а научные не способствуют этому.

Начало, как и всему в отношении россыпей, положил в 1938 г. Ю.А. Билибин. Не имея возможности продолжить изучение россыпей открытой им Яно-Колымской золотоносной провинции, для целей их общих поисков в начале освоения этой новой, необычной тогда территории, он предложил в качестве их классификации различия форм внешнего рельефа долин, в контурах которых находятся россыпи, и выделил независимые от этого рельефа погребенные

россыпи [1]. Лишь последние стали потом практически важными, а остальные вскоре утратили свое значение: кроме кос и щеток, у форм внешнего рельефа слабая генетическая геологическая связь с россыпями. Пластовые россыпи, всегда расположенные у коренного ложа («плотика») преобладающих равновесных днищ долин, сформированы в начальные фазы текущего эрозионного цикла (ЭЦ) [1]. Рельеф же этих днищ образован в конечную фазу ЭЦ, террасы – во время иных ЭЦ, а остальные внешние формы – вообще процессами иных типов, нежели проецируемые в их контуры россыпи. Однако они были включены в качестве генетических видов аллювиальных россыпей в самую известную теперь их классификацию [18, 20], чем и вызваны ее недостатки [4]. Согласно [17], зачатком подлинно генетической классификации россыпей этого типа стало деление их на пластовые и косовые по способам переноса золота [1]. На той же основе были разделены также пластовые россыпи, образуемые в условиях разной динамики речных процессов в разные фазы ЭЦ [1]. Но они не получили названий, и это деление осталось не использованным.

Среди широкого круга касающихся россыпей вопросов, рассмотренных в [19], – их научная классификация, основанная, как и в [1], на динамике речных процессов. Но эти процессы и их роль в формировании россыпей охарактеризованы иначе. Стадии развития долин не вполне соответствуют фазам ЭЦ, а очень важная для россыпей стадия боковой эрозии вообще не выделена. Представление о ведущей роли малоподвижных фракций золота [19] не отвечает наблюдениям и выводам [1]. Называемые важнейшими из пластовых плотиковые россыпи и вмещающий их аллювий отнесены к перстративной (равновесной) стадии [19], во время которой (фаза покоя) пластовые россыпи не образуются [1]. Признаки плотиковых россыпей и аллювия неполно характеризуют многочисленные прежде богатые, но малые россыпи и не соответствуют большим и уникальным, где и были заключены основные запасы золота Северо-Востока России [3, 4].

В практике поисков и разведки россыпей используются классификации, не связанные с научными. Рудные и россыпные месторождения группируются по степени сложности [9]. Но этот важный показатель определен схематично и так, что его трудно применить к россыпям. Лишь рудные тела, хотя бы частично обнаженные, по их геологическим особенностям можно отнести к одной из четырех групп еще до проведения тяжелых работ. Все золотые россыпи исключены из первой группы, а на три оставшиеся делятся по величине и выдержанности месторождений, распреде-

лению золота в плане. Все это выявляется лишь по результатам работ и неприменимо для их проектирования. Пластовые россыпи, обычно целиком скрытые под наносами, нередко на большой глубине, можно найти только горными или буровыми работами, которые приходится проводить, еще не зная, к какой группе относится россыпь. Исходя из того, что в малой долине возможна лишь малая и сложная россыпь, а в большой – большая и простая, для предвидения их сложности используют величину долин [8]. Соотношения величин обычно подтверждаются, но сложность россыпных месторождений нестабильно связана и с их размерами, и с величиной долин, а чаще всего та и другая связи обратны предполагаемым [3, 4, 6, 16].

Пять моделей распределения золота («структурных типов» россыпей) [6] гораздо более реальны. Но для планирования работ они также неприменимы: определить их не удастся даже по результатам разведки, нужно детальное исследование месторождения при его разработке. Кроме того, как и группы сложности, эти модели учитывают распределение золота лишь в виде вертикальных удельных запасов – в проекциях на планы. Но оно разное и в разрезах, что не учтено. Поэтому число объемных моделей может быть многократно больше двумерных пяти.

Таким образом, разделение аллювиальных россыпей пока таково, что по сути означает его отсутствие. Их виды, выделяемые в производственных классификациях, нереальны, несущественны, либо опознаются лишь при отработке. В научной классификации [19] единственный вид, имеющий промышленное значение, – плотиковые россыпи – не отражает подлинного многообразия категории пластовых [1, 3, 4]. Оно обусловлено разными способами переноса разного золота в разные стадии ЭЦ, в том числе – во взвешенном виде (золото косовых россыпей), и возможностью переноса разными способами всех фракций золота, включая самые крупные, в фазу глубинной эрозии [1]. Но в конце 50-х годов прошлого века зародилась и до сих пор господствует гипотеза пассивности россыпеобразующего золота в водных потоках. Она возникла из наблюдений частных проявлений этой пассивности, но считается универсальной, теоретически и экспериментально обоснованной. Вытекающее из нее отсутствие генетической и возрастной связи россыпей золота со вмещающим аллювием стало причиной лишь формального изучения состава этого аллювия, который не включен ни в одну классификацию. Это и многое другое показывает, насколько далеки они от геологического разделения россыпей.

Пластовые россыпи делятся в них по внешним признакам, без учета их геологических свойств: лито-

логии и характера изменений мощности россыпных пластов, соотношений этих изменений с рельефом плотика и составом его пород, формы россыпей в плане и в разрезе, сочетаний размеров и формы зерен золота, их сортировки и распределения в разрезах россыпей и многих других. Значительная часть этих свойств с давних пор фиксируется в отчетах по разведке россыпей, но они не систематизируются, не участвуют в классификациях и методических руководствах, так что не могут быть учтены при поисках и разведке новых объектов. Это не могло не сказаться отрицательно на результатах этих работ.

Поиски россыпей нередко завершались успехом только после трех-пяти заходов через много лет в одни и те же долины, а разведанные запасы золота часто не соответствуют добытым. Упрощенными представлениями о россыпях вызваны и неточные данные разведки о составе, строении, мощности, контурах месторождений и их частей, пластов. Они изображаются в плане прямолинейными, вытянутыми вдоль долин. Это так лишь для простых россыпей и малых долин, а в больших давно известны изометричные и вытянутые поперек долин россыпи. Там сейчас идет в основном отработка россыпей и их контуры часто очень извилисты, что также не укладывается в рамки существующих представлений, поэтому не было показано на планах блокировки запасов. В результате их подсчета в контурах блоков золота недостает, а за их пределами оно зачастую остается в недрах. Самородки и уплощенное мелкое золото, наличие, количество и распределение которого не были или не могли быть определены разведкой, часто уходят в отвалы промывки при отработке. Эти и другие дефекты отработки – во многом наследие дефектов разведки. На ту и другую тратится много лишних сил, средств и времени. Потери за много десятилетий очень велики, но самые чувствительные одноразовые, особенно теперь, когда они ложатся не на государство, а на людей, не повинных в ошибках, которые можно было бы предотвратить. На простых или обычных объектах, как правило, нет проблем. Все они – на сложных и необычных, подход к которым остается прежним, поскольку они заранее не опознаны и для этого даже нет критериев. Даже установленная их сложность, всякий раз разная, остается не объясненной, так что у методики работ нет оснований меняться. В основе практических неудач лежат недочеты классификаций россыпей, а те вызваны недостатками теории их формирования.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ (ДИНАМИЧЕСКИЕ) ВИДЫ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА

Детальная генетическая классификация аллювиальных россыпей золота [4, 5] исходит из наблюде-

ний и выводов [1] о зависимости свойств и различий россыпей этого типа от способов переноса образующего их разного золота в разные фазы (стадии) ЭЦ. Это определяет динамику формирования россыпей, на основании которой выделены восемь их генетических (динамических) видов, в том числе – четыре вида традиционных: щеточные, эрозионные, шлейфовые, перлювиальные. Три из них давно, подробно и разносторонне описаны [1], но не получили названий. Образующиеся при переносе золота волочением, перекачиванием, сальтацией у дна потока и потому отчасти сходные, они вместе названы пластовыми [1]. Они и четвертый вид россыпей не перемещаемого водотоками золота – все формируются в стрежневой части потоков, поэтому вместе названы стрежневыми [4, 5]. Все они закономерно приурочены к плотнику и независимы от внешнего рельефа. Лишь плотик щеточных россыпей – одновременно и внешний рельеф. К нетрадиционным россыпям, кроме выделенных Ю.А. Билибиным косовых, относятся равновесные, аккумулятивные, гравитационные [4, 5]. Образующиеся вне стрежня потоков, все они отделены от плотника, а молодые, кроме того, связаны с внешним рельефом днщ долин.

Россыпи разных видов могут быть сходны между собой отдельными свойствами, но каждый вид имеет большие индивидуальные наборы свойств: форма и размещение в разрезе и в плане, соотношения с плотником, литологический состав вмещающего аллювия и положение в нем, их объемное строение, концентрация золота и распределение его в плане и в разрезе, крупность, форма и степень сортировки его зерен и многое другое, особое у каждого вида. У них также разные соотношения с речными долинами разной величины, и они по-разному ориентированы в них, особая связь с разными морфоструктурами, коренными источниками золота разных формационных типов, размеров и степени концентрации золота, шлиховыми потоками и т.д. Все это позволяет для каждого вида не только охарактеризовать в деталях все их основные особенности, но и предвидеть их уже на ранних этапах работ, использовать при дальнейших.

Щеточные россыпи образуются на первом, деструктивном этапе стадии глубинной эрозии из уплотненных зерен золота преимущественно средней крупности, которые при переносе их волочением по дну верхних крутых участков эрозионных ущелий застревают в открытых трещинах всегда здесь обнаженных коренных пород [1]. Эти россыпи очень зависят от состава этих пород, ориентировки и глубины трещин в них, а также от богатства источников золота. Они возникают ниже мест размыва врезающимся

водотоком рудных тел или более древних россыпей, представляют собой своеобразные, отставшие от аллювия современные шлиховые потоки относительно крупного золота. Они обычно существуют, лишь пока формируются, и после отработки регенерируются. Захороненные досовременные россыпи этого вида аномальны и крайне редки.

Эрозионные россыпи образуются в малых и средних долинах на втором, накопительно-равновесном этапе стадии глубинной эрозии из всего золота богатых рудных источников, попавшего на узкое дно верхних участков эрозионных ущелий и перенесенного на нижние пологие их участки. Здесь все это золото, включая самородки, продолжает переноситься разными способами мощными мутными паводковыми потоками [1]. Оно без сортировки отлагается по всей ширине дна ущелий, между паводками частично перемывается и обогащается также без сортировки. В результате многих таких микроциклов накапливается грубо-горизонтально-слоистая толща в целом несортированного галечно-щебнисто-суглинистого эрозионного аллювия, неравномерно золотоносная по всему ее поперечному сечению. Следующая стадия речной абразии (боковой эрозии) начинается и протекает на уровне кровли этой толщи, которая вместе с включенной в нее многослойной россыпью сохраняется в тальвеговых углублениях плотика – реликтах ущелий. Эрозионные россыпи захораниваются под базальным горизонтом абразионного аллювия и больше не затрагиваются водотоком в течение этого ЭЦ. Глубина их залегания всегда больше, чем остальных видов. Все это предохраняет их от ледниковой экзарации и способствует сохранению на террасах. Эти россыпи независимы от состава коренных пород, но зависят от рельефа плотика, всегда находятся в его узких линейных углублениях, целиком включены в заполняющий их сингенетичный эрозионный аллювий необычного состава и строения.

Эрозионные россыпи в целом монолитны в поперечном и продольном сечениях, но, при устойчивой малой ширине (от 5–10 до 40–70 м), их мощность (от долей метра до 5–7 м и более) очень изменчива из-за неровностей подошвы, при ровной кровле. Золото самое разное, от самородков до мелкого и тонкого, в основном крупное. Оно неравномерно, со многими максимумами и минимумами, распределено по всему сечению пласта, какова бы ни была его мощность; максимальные концентрации обычны в верхней его части. Поперек россыпи средние содержания золота в пласте довольно выдержаны, а изменчивость вертикальных запасов зависит от колебаний мощности пласта. Сочетание ее обычно

больших значений с высокими содержаниями золота обеспечивает его высокие удельные вертикальные запасы. Вдоль россыпи – один или несколько резких максимумов содержаний и линейных запасов золота, тесно связанные с богатыми рудными телами в основном крупного золота, как правило малосульфидной золото-кварцевой формации. Эти максимумы обычно удалены на 1–3 км от коренных источников [3]. Благодаря такому и более дальнему в прошлом переносу золота, в краевых частях некоторых впадин возникли многопластовые эрозионные россыпи (см. ниже). В плане все россыпи этого вида обычно спрямлены, вытянуты вдоль долин или их продолжений на 0.3–15 км. Местами у них резкие изгибы, а иногда нижние по течению части углублений плотика и находящиеся в них эрозионные россыпи притоков погребены под аллювием главной долины. В ее контурах эти россыпи ориентированы поперек нее. Но генетически они не связаны с главной долиной, только с долинами притоков; это сохранившиеся нижние части их долин.

Шлейфовые россыпи образуются в средних и больших долинах в абразионную стадию их развития (фазу боковой эрозии) из промежуточных фракций золота, переносимых меандрирующим руслом вдоль и поперек долин путем перекачивания и сальтации [1]. Вероятные источники золота этих россыпей могут быть разными коренными и россыпными, находящимися в разрушаемых речной абразией на большой площади цоколях и аллювии террас собственной долины и долин притоков, на коренных склонах. Конкретные сведения о них отсутствуют, у шлейфовых россыпей нет с ними тесной связи.

В плане это серии из 3–4 и более струй шириной десятки метров каждая. Струи в целом вытянуты вдоль долин, непрерывны, но очень извилисты, как и русло в эту стадию. Иногда струй много, и они сближены, образуя широкие (до 1.5–2 км) спрямленные ленты, занимающие порой всю ширину дна долины. Длина струй и лент разная: может быть многие километры и десятки километров, но бывает и меньше их ширины. Тогда возникают ориентированные поперек долин шлейфовые линзы. Независимо от всего, весь пласт включен в хорошо сортированный песчано-гравийно-крупногалечный сингенетичный аллювий (стрежневая фация), занимая лишь часть его сечения по ширине и мощности, обычно в основании или в средней части разреза аллювия. Подошва пласта либо на плотике, либо приподнята над ним. Мощность пласта обычно 1–3 м, хорошо выдержана вдоль струй. Золото хорошо сортированное, среднее и мелкое, хорошо окатанное, уплощенное (рис. 1), наиболее рав-

номерно относительно других видов распределено по разрезу, вдоль и поперек струй. Состав пород плотика и его рельеф для этих россыпей значения не имеют. Устойчивостью мощности и содержаний золота вызвана устойчивость вертикальных запасов золота шлейфовых россыпей. Вне зависимости от своих размеров, они самые выдержанные.

Перлювиальные россыпи образуются в средних и больших долинах во время той же абразионной стадии, но из другого золота: крупного, остающегося гидродинамически пассивным для данного водотока в эту стадию. Поэтому все золото россыпей этого вида, как и щеточных, отстает от аллювия. Но причины, обстоятельства и следствия отставания иные. В момент попадания золота на плотик в его породах здесь (на дне глубоких плесов) нет и не может быть открытых трещин. Золото ложится тончайшим слоем на поверхность плотика, потом включается в аллювий. Но этот процесс вторичный и фации наложенного аллювия разные, включая старичные, ил или торф, включение в которые самородков явно эпигенетическое. Таковы же неявные соотношения золота перлювиальных россыпей со стрежневым аллювием, содержащим золото шлейфовых. Потом многое зависит от пород плотика. На глинистых породах либо так все оно и остается, и мощность пласта – миллиметры. Но на границе с грубоскелетным стрежневым аллювием появляются линзы инъекционного льда, самородки золота включаются в него и при росте линз бывают подняты в этом чистом льду до полуметра и более над плотиком. В трещиноватых же породах, особенно песчаниках, трещины постепенно расширяются, и часть золота или все оно постепенно и неравномерно проникает по ним. Мощность пласта резко и хаотично изменчива, достигает 4 м. Благодаря этому россыпи этого вида хорошо сохраняются даже в тех частях террас, где весь аллювий удален склоновыми процессами и обнажен цоколь. В плане золото перлювиальных россыпей распределено крайне неравномерно, без явных закономерностей, и контуры этих россыпей нечеткие. Все это свойственно всем россыпям этого вида, хотя не все везде реализуется. Перлювиальные россыпи делятся на первичные – возникшие при размыве коренных источников или кор выветривания, и вторичные – при размыве россыпей, содержащих крупное золото. Те и другие в точности наследуют контуры источников. У первичных они разные, причудливые, часто почти изометричные в плане, размеры от 100 м² до 1 км²; золото разное, в основном крупное. Вторичные наследуют лишь самое крупное золото исходных россыпей. Обычно это эрозионные россыпи притоков, размывтые главной рекой в стадию боковой эро-

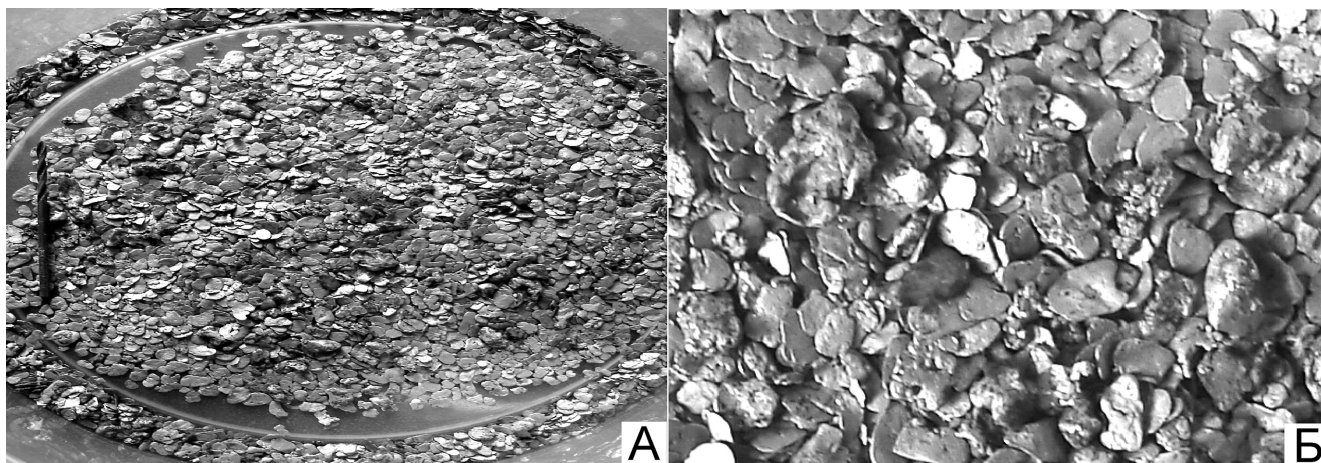


Рис. 1. Золото из шлейфовой россыпи (потери ШОФ).

А – натуральная величина; Б – увеличение 7х.

зии (речной абразии). В их контурах, сохраняющих форму узких лент исходных россыпей, вытянутых поперек или наискось главной долины до 3.5 км, остаются иногда одни самородки. Ни аллювия притока, ни углублений его плотика тут не остается, а рельеф плотика главной долины, как и состав лежащего на плотике ее аллювия, не влияют на эти россыпи. Они совместимы почти со всеми вариациями этих факторов, и прервать их могут только тальвеговые углубления плотика.

Косовые россыпи образуются в стадию боковой эрозии из зерен золота, переносимых в паводки во взвешенном виде. Речные косы в эту стадию максимальны по величине и постоянно мигрируют. Россыпи повторяют в плане форму серповидных сегментов кос, вытянуты вдоль долин. Отлагаемые на косах тяжелые минералы и золото образуют серии тонких слойков среди гравийно-песчаных береговых фаций перемежаемой верхней части аллювия. Золото хорошо сортировано по гидравлической крупности (ниже 12–15 см/с), которая обычно меньше, чем у зерен других тяжелых минералов слойков. Поэтому в поверхностных слойках зерна золота лежат сверху. Ситовые размеры золота разные, от 0.1 до 2–3 мм, т.к. различна форма зерен: тонкие чешуйки или неокатанные сложные рудные зерна. Коренные источники могут быть за многие сотни километров от них, но иногда эти россыпи встречаются вблизи рудных тел разных типов.

Равновесные россыпи подобны косовым по характеру золота, способу его переноса, концентрации и связи с береговыми фациями аллювия. Но они образуются в равновесную стадию ЭЦ, когда размеры кос малы. Подавляющее большинство россыпей проявлений этого вида – объекты шлихового опробования в преобладающих равновесных днищах долин. Однако

эта стадия самая длительная, косы во время нее стабильны, и отмершие россыпи этого вида в больших долинах могут быть компактными и значительной величины, хотя и редкими. Они совсем не изучены, видимо имеют иное строение, чем отмершие косовые.

Аккумулятивные россыпи формируются в течение длительного времени из золота разной крупности, в основном мелкого и тонкого, поступающего разными путями в локальные зоны устойчивого накопления наносов – унаследованно развивающиеся впадины или карстовые депрессии – из расположенных рядом, в пределах разрушаемых поднятых блоков, небогатых, но больших коренных источников. Золото, высвобождаемое из них обычно химическим выветриванием, переносится разными способами на небольшие расстояния, образуя сложные по морфологии и строению, но единые россыпные залежи мощностью десятки и первые сотни метров. Залежи нередко гетерогенны, состоят из аллювиальной, пролювиальной, делювиальной, морской, техногенной частей, но объединены общей накопительной динамикой формирования, ведущей к высокой глинистости всего разреза. Аллювиальная часть, обычно основная, – пестрое чередование малых линз разных литофаций, золотонность которых порознь не изучена. Разные концентрации золота неравномерно распределены на небольшой площади по всему мощному разрезу залежей, без выясненных закономерностей.

Видимо, в разных линзах содержится разное золото, но таких данных нет. В целом же золото слабо сортированное, разнообразие очень велико: зерна и агрегаты разной формы, чаще неокатанные, от средних до малых и тонкодисперсных; в древних слоях много новообразованного золота. Распределение золота неравномерное, средние содержания его невели-

ки ($0.15-0.3 \text{ г/м}^3$), но разведанные запасы достигают в каждом таком месторождении нескольких десятков тонн. Больше того, исследования Р.Б. Шпунта (1978 г.) по самой известной из таких россыпей Большой Кураны показали, что в ней учтено лишь около 30 % всего золота: 70 % составляет тонкодисперсное золото, определение количества и извлечение которого не налажено.

Верхние слои этих россыпей бывают современными (россыпи продолжают формироваться), а нижние могут быть от позднеплейстоценовых до палеогеновых и позднемиоценовых. На террасах выявлена лишь одна разновидность малых россыпей этого вида – конусы выноса притоков. Форма в плане разная: линзовидная, веерная, невыдержанная ленточная. Длина их – от 1.5–2 км до 20 км и более, ширина – 1–2 км. По форме аккумулятивные россыпи сходны с пластовыми, но отличаются большой мощностью, отсутствием связи с плотиком и характером золота.

Гравитационные экзогенные скопления золота образуются в процессе осаждения частиц и золота ламинарными потоками, связаны с горизонтально-слоистыми осадками и содержат только тонкодисперсное золото. Все это отличает их от всех описанных выше видов россыпей, формируемых в турбулентных потоках. Как и аккумулятивные, они могут быть разного генезиса, наиболее известны морского, лагунного. Содержание золота, установленное амальгамацией в илистых осадках высокой поймы в нижнем течении р. Кухтуй (район Охотска), по данным давних геологических отчетов, до 3 г/м^3 . По результатам химико-спектрального анализа проб из современных донных илистых осадков прибрежной части Восточно-Сибирского моря, содержание золота достигало десятков и сотен условных единиц [7]. В 70-е годы прошлого столетия такой же анализ наших проб из аналогичных осадков Карагинского залива Берингова моря, неогеновых лагунных и морских осадков Западно-Камчатского прогиба, выполненный Э.И. Фишер в лаборатории ВНИИМОРГЕО в Риге, показал содержания золота до 10 г/т. Условия переноса и концентрации этого золота не изучены, но во вмещающих горизонтально-слоистых осадках, в основном среднеалеуритовых, отмечается прямая корреляция повышенных содержаний золота и биогенного углерода. Это золото пока не извлекается даже из осваиваемых аккумулятивных россыпей. Гравитационные россыпи нигде не разведывались и очень слабо изучены. В перспективе эти скопления тонкого золота могут оказаться самыми ценными, благодаря их очень большому объему. Но сведений о них пока очень мало.

Многопластовые россыпи, известные сейчас, – это серии эрозионных россыпных пластов, возникших в одном месте в разное время в течение позднего кайнозоя. Они образуются в краевых частях некоторых наложенных впадин в периоды их инверсионных поднятий и размывов краев впадин и примыкающих к ним блоков, где находятся разрушаемые длительное время коренные источники малосульфидной золото-кварцевой формации. Пласты мощностью до 2–5 м разделены в разрезе гораздо более мощными непродуктивными слоями рыхлых осадков периодов опускания. Разновозрастные пласты размещены кулисообразно в продольном разрезе и почти совмещены в плане. Самые глубокие и протяженные древние обычно богаче остальных. Многопластовые россыпи отличаются от аккумулятивных перерывами по разрезу золотоносности, характером золота и его источников, обычным для эрозионных россыпей, режимом развития впадин; довольно редки из-за необычности условий образования и сложности обнаружения. Примеры их известны на старых приисках Варваринский, Золотой возле Охотска, а также в Малый-Сиенской впадине, в Куларском, Отроженском, Золотогорском россыпных районах на глубине до 50–300 м.

Сложные россыпные месторождения состоят из россыпей двух-трех разных динамических видов. Они образованы за короткое время (тысячи или первые десятки тысяч лет) или одновременно. В разрезе разные пласты соприкасаются друг с другом, поэтому принимаются за единый пласт. Но в плане у них разная конфигурация и ориентировка в долинах. У них также разное золото и, хотя литологический состав зачастую не различается, это пласты разных динамических видов россыпей, чаще всего перлювиальных и шлейфовых (месторождение Чай-Юрюе и др.). Иногда в них участвуют также эрозионные, могут быть и разные виды нетрадиционных россыпей. Каждый такой пласт – это самостоятельная россыпь. У каждой должен быть свой источник золота, находящийся на разном удалении. Такие месторождения характерны для больших и богатых рудно-россыпных районов, и есть примеры уникальных месторождений: Чай-Юрюе, Малый Ат-Юрях и др. Отработка их сопровождается возникновением наибольших техногенных россыпей, реальное большое значение видно из длительного опыта их переработки.

Техногенные россыпи возникают, главным образом, вследствие различных потерь золота при отработке плохо разведанных месторождений. Величину и характер техногенных россыпей можно оценить на основании генетических видов первичных россыпей. Для перлювиальных типична недооценка со-

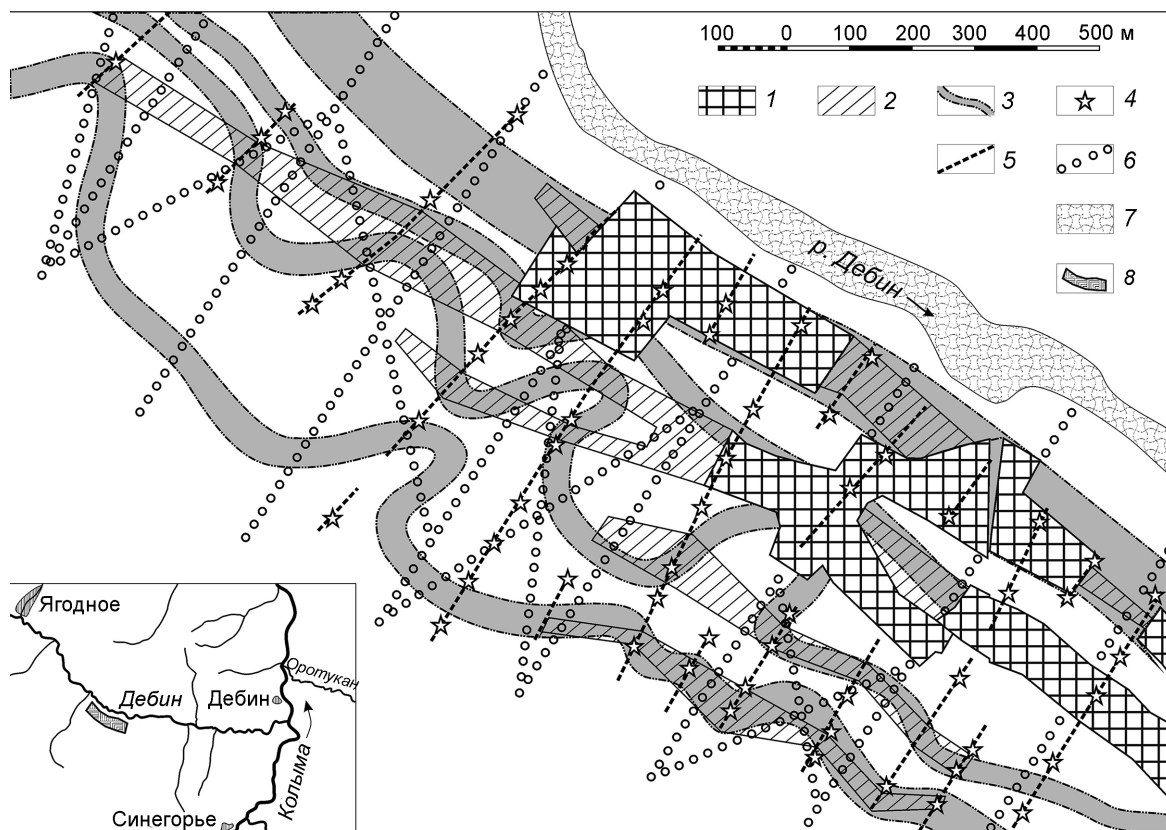


Рис. 2. Схематический план участка правобережья долины р. Дебин (верховья Колымы) ниже устья речки Шустрая. Пример неточной разведки бурением и подсчета запасов золота Ягоднинской геологоразведочной экспедицией (ЯГРЭ) сложного россыпного месторождения, без учета генетических геологических особенностей составляющих его россыпей.

1 – полигоны прежней отработки россыпей, 2 – блоки подсчета запасов золота по результатам прежней разведки, 3 – предполагаемые (по данным опробования скважин и характеру распределения золота в разрезах) струи шлейфовых россыпей, 4 – перлювиальные россыпепроявления (по тем же данным), 5 – прежние буровые линии, 6 – проектируемые буровые линии, 7 – русло р. Дебин, 8 – исследуемый участок, на врезке.

держаний золота в подошве пластов, а для эрозионных – в кровле. Поэтому нижние части первых при любом способе отработки и верхние части вторых при подземном остаются в недрах, а при открытой отработке вторых их богатые верхние части обычно уходят в отвалы «торфов» (вскрываемой пустой породы). Наибольшие потери в недрах возникают из-за неверно определенных контуров перлювиальных и шлейфовых россыпей, особенно на сложных россыпных месторождениях (рис. 2). Кроме того, при промывке «песков» (исходной золотоносной породы) на промывочных приборах всех видов типичны потери уходящего в отвалы «эфелей» (гравийно-песчаные) уплощенного «легкого» золота шлейфовых россыпей (рис. 1), а из перлювиальных и эрозионных россыпей на скрубберных промывочных приборах теряются большие самородки и сростки золота, уходящие в отвалы «гали» (валунно-галечные). Помимо неверной

технологии промывки, причины – в неточно определенном разведкой характере золота. Преобладающее тонкое золото аккумулятивных россыпей уходит с иловой фракцией. То же возможно на некоторых эрозионных: опыты инженера Амосова в середине позапрошлого века на уральских россыпях, скорее всего, именно этого вида показали, что теряемого тонкого золота в них многократно больше, чем извлекаемого крупного. Современные косовые и щеточные россыпи после отработки регенерируются, и техногенные тут не актуальны.

Таким образом, зависимые от условий и процессов формирования особенности состава, строения, размещения россыпей разных видов очень разные, как и количество россыпей каждого вида, их величина, условия обнаружения и освоения, значение и перспективы. Практический интерес пока представляют только традиционные пластовые россыпи; поисковые

и разведочные работы ориентированы только на них. Но и среди них различия весьма велики, поэтому подход к ним надо реально дифференцировать. Основные же перспективы связаны с нетрадиционными россыпями, подход к которым вообще не выработан.

ОСОБЕННОСТИ РОССЫПЕЙ РАЗНЫХ ВИДОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИХ ОБНАРУЖЕНИЕ И РАЗВЕДКУ

Условиями и процессами формирования россыпей вызваны или так или иначе связаны с ними геологические особенности россыпей разных динамических видов, важные для их прогноза, обнаружения, оценки. Они либо индивидуальны для каждого вида, либо в том или ином приближении характерны для групп видов. Эти группировки разные, соответствующие динамическим, отличные от них, комбинированные. В любом случае совокупность свойств и связей для каждого вида особая.

Прогноз и поиски россыпей

Для прогноза россыпей главное значение имеют их связи с другими объектами. Важнейшая для аллювиальных россыпей (для других типов или не столь острая, или неразрешимая) – проблема связи с источниками золота: их типами, богатством и удалением от них россыпей. Этому всегда уделялось много внимания, но к решению проблемы невозможно было даже приступить, разделяя аллювиальные россыпи лишь по величине, степени сложности, нахождению в пойме или вне нее, по сути – не дифференцируя их. Генетическое разделение позволяет это сделать. Согласно ему, первичные перлювиальные россыпи находятся прямо на месте богатых, разных по размерам первоисточников своего крупного золота, но эти источники всегда скрыты. Аккумулятивные россыпи наименее удалены от своих обнаженных источников всегда большой величины, но не обязательно богатых, разных типов, включая вкрапленные золото-сульфидные, скарновые и др. По удаленности от богатых источников золота разной величины, в основном малосульфидной золото-кварцевой формации, далее следуют щеточные, эрозионные и возникшие из них вторичные перлювиальные россыпи. Позднеплейстоценовые эрозионные удалены на 1–1,5, до 3 км от таких рудных тел [3, 4]. Те имеют значительную вертикальную протяженность, обычно обнажены на склоне той же долины, но иногда скрыты на ее дне. Источники золота шлейфовых россыпей нигде не найдены и нередко их не может быть ближе 10–15 км. Можно думать, что они в основном иные, чем у находящихся рядом эрозионных россыпей, их латеральная протяженность, должно быть, гораздо больше вертикальной, и они в большинстве разрушены. Это могли быть золото-сульфидные тела, коры выветривания по разным

рудным телам, промежуточные коллекторы золота. Самые разные источники золота косовых россыпей иногда предполагаются вблизи них, но чаще могут быть удалены на сотни километров, как и у всех равновесных россыпей. Источники золота гравитационных россыпей неизвестны. У сложных россыпных месторождений должны быть разные источники золота, по-разному удаленные от них. Поэтому такие месторождения встречаются только в богатых золотом районах и узлах со многими рудными телами. Всю эту информацию можно использовать для прогноза и поисков как россыпей, так и золоторудных тел.

С этим же связана организация и интерпретация данных шлихового опробования. Они, кроме редких проб из обнаженных россыпей террас, являются прямыми только для современных щеточных, косовых, равновесных россыпей и продолжающих формироваться аккумулятивных. Для пластовых россыпей остальных видов, обычно захороненных, они косвенные: современные шлиховые потоки продуцируются не этими россыпями, а остатками источников их золота. Те обычно вблизи относительно молодых эрозионных россыпей, и идущие от них локальные шлиховые потоки демаскируют даже глубоко погребенные россыпи этого вида. Но очень древние из них могут быть «слепыми» для шлихового опробования при любой глубине залегания, если их рудные источники разрушены. Поэтому шлиховое опробование хорошо зарекомендовало себя на Колыме, где резко количественно преобладали позднеплейстоценовые эрозионные россыпи. Несмотря на высокую плотность проведенных на Колыме более капитальных поисковых работ, шлиховым опробованием возможно еще выявление многих эрозионных россыпей в малых долинах, которые в большинстве никак не обследовались. Но для обнаружения шлейфовых и перлювиальных это опробование и здесь было и остается мало эффективным из-за отмеченных выше их слабых связей с источниками золота.

Результаты шлихового опробования гораздо менее определены для пластовых россыпей на Чукотке и на севере Якутии, где эти россыпи в основном неогеновые и главную роль играют первичные перлювиальные и шлейфовые. Развитые здесь гравитационные россыпи для шлихового опробования всегда «слепые». Комплексное выявление их и весьма вероятных аккумулятивных и береговых россыпей может быть выполнено с помощью геохимического и шлихового геохимического опробования.

Морфоструктурный контроль, также неопределенный для россыпей аллювиального типа в целом, гораздо более четкий для каждого вида и их групп. Щеточные, эрозионные россыпи и многие из вторичных

перлювиальных, возникающие в процессе глубинной эрозии, характерны для низкогорий, наложенных впадин, зон сочленения их и вообще границ разнородных морфоструктур. К наиболее контрастным зонам сочленения поднятий с устойчивыми, унаследованными опусканиями, включая грабены, приурочено большинство аккумулятивных россыпей. Более конкретно среди них выделяются россыпи тектонических уступов и грабен-долин [19]. Но их связь с морфоструктурами намного разнообразнее [14], и, кроме того, они встречаются в конусах выноса, карстовых депрессиях. С тектоническими же уступами гораздо более тесно связаны не они, а многопластовые россыпи [4]. Для гравитационных россыпей нужны достаточно большие проточные водоемы со спокойным гидродинамическим режимом, наиболее вероятные на равнинах разных типов. Шлейфовые, все перлювиальные и береговые россыпи, образуемые в процессе латеральной деструкции (боковой эрозии), характерны для деструктивных и аккумулятивно-деструктивных равнин, локальными вариантами которых являются в низких горах Северо-Востока большие речные долины.

Величина долин – важный следующий признак прогноза и поисков россыпей. Эрозионные абсолютно преобладают в малых долинах I–II порядков, распространены в средних III–VI, реже VII порядка и отсутствуют в больших, где в фазу глубинной эрозии мощные паводковые потоки выносят на десятки и сотни километров любые, самые крупные фракции золота. В долинах средней величины развиты шлейфовые россыпи, где они составляют основную часть уникальных сложных месторождений. В больших долинах россыпи этого вида больше по размерам, но гораздо беднее и сложнее устроены, разделены на очень извилистые струи. В них основную роль среди пластовых должны играть перлювиальные россыпи, но лишь немногие из них найдены. В них же и широких долинах средней величины находятся сложные россыпные месторождения.

Аккумулятивные россыпи до сих пор встречались только в малых и средних долинах или в зонах их влияния в больших. Но недавно обнаружены признаки такой россыпи, вытянутой на 15 км вдоль долины Иртыша [13]. В больших долинах – место нахождения большинства нетрадиционных россыпей, включая аллювиальные гравитационные.

Детальные геологоразведочные работы

Комплекс геолого-геоморфологических особенностей и различий россыпей разных видов полезно учитывать и при более детальных геологоразведочных работах (ГРР), что в применяемых методических указаниях и руководствах [10, 11] не учтено. Между

тем, типоморфизм золота [15] и многие другие свойства характеризуют россыпи определенного динамического вида. Это помогает их различать и наиболее рационально искать и разведывать.

Щеточные современные россыпи, хотя и с высокими содержаниями золота, невыдержанны, невелики (общая протяженность десятки–первые сотни метров, узкие, очень маломощные) и немногочисленны. Они обнажены, обнаруживаются шлиховым опробованием, в большинстве найдены и отработаны без разведки, но надо учитывать, что они способны регенерироваться.

Эрозионные россыпи на порядки больше щеточных, мощные и самые богатые: у них максимальные удельные вертикальные запасы золота. Изменчивость этого показателя, из-за чего они считались невыдержанными, вызвана в основном колебаниями их мощности. Но их пласты монолитны, непрерывны и просты по форме в плане: их контуры вытянуты вдоль долин, обычно прямолинейны. Поэтому все найденные россыпи этого вида разведаны и отработаны, хотя промывка затруднена высокой глинистостью. Например, в россыпи ручья Встречный, найденной в низкогорном районе верховьев Колымы на террасовале ручья I порядка на глубине 55 м лишь после третьей попытки, при ширине менее 10 м и длине 1 км, было разведано и взято около тонны золота. Еще более богатые такие россыпи отработаны на глубине до 300 м в Малык-Сиенской впадине (месторождения Северный Рог, Далекый, Валунный, Озерный, Болотный, Раковский). Но далеко не все они найдены – из-за малой ширины и большой глубины залегания.

Местоположение этих россыпей, приуроченных к линейным углублениям коренного ложа (плотика россыпей), можно выявить высокочастотными сейсмическими или георадарными методами. Перспективную долину надо пересечь двумя-тремя или более геофизическими профилями, на которых в тальвеге эрозионных углублений плотика достаточно пройти по одной скважине с отбором керна. При обнаружении повышенных содержаний золота в эрозионном аллювии пересечь короткими геофизическими профилями через 200–100 м углубление плотика, в местах резких различий его глубины на соседних профилях пройти промежуточные профили. На каждом из них пройти по одной скважине с отбором керна в тальвеге углублений. Содержания золота в скважинах и площадь поперечного сечения россыпи по геофизическим данным позволит определить строение пласта, оценить линейные и общие запасы золота. Разведку можно вести ударно-канатным бурением большого диаметра. Результаты будут достоверными для подсчета стандартными статистическими методами количества мелкого и среднего

золота, всегда преобладающего в эрозионных россыпях, и таким образом определяются минимально возможные запасы. Оценка вклада в общий запас золота его крупных фракций и самородков, также обычных в этих россыпях, требует учета как малой вероятности их попадания в пробы по скважинам, так и создания ими аномально высоких содержаний в единичных пробах.

Шлейфовые россыпи гораздо беднее эрозионных по содержаниям и вертикальным запасам золота, но благодаря всегда большой ширине, а часто и длине, многократно больше их по линейным и общим запасам. В них содержится основная часть золота большинства уникальных россыпных месторождений на дне долин. Но на террасах и под ледниками они подвержены быстрому разрушению. Независимо от размеров и сохранности, они отличаются максимальной сортировкой золота, выдержанностью его распределения, мощности пласта и равномерным, самым легким для промывки литологическим составом. В средних долинах они устроены относительно просто, велики, все найдены и отработаны, в том числе в Малык-Синенской впадине на глубине более 50 м (россыпь Бурганди). В больших долинах они беднее и сложнее устроены; все найдены, но не все разведаны и лишь частично отработаны.

Шлейфовые россыпи независимы от рельефа плотика, но также связаны с определенной фацией аллювия – стрежневой, – что помогает их проследить. Протяженность шлейфовых струй – тысячи метров, а ширина – десятки; поисковые буровые линии со стандартным расстоянием между скважинами обязательно пересекут каждую струю. Учитывая характер золота шлейфовых россыпей, оценка его содержания в значимых пробах представительна. Но искривленность струй, части которых могут быть ориентированы поперек долины, делает размещенные так же разведочные линии недостаточно эффективными. Видимая ширина струи по линии зависит от угла, под которым она пересечена линией. Это может служить источником ошибок в оконтуривании блоков и, соответственно, завышения запасов, а принятая рисовка границ блоков отрезками прямых ведет к включению в блоки пустых площадей (рис. 2). Исключить ошибки можно, меняя геометрию разведочной сети на каждом следующем этапе по результатам предыдущего. Перлювиальные россыпи необычной формы и ориентировки в долинах, не имеющие локального палеогеоморфологического и литологического контроля, зачастую малых размеров, крайне трудно обнаружить, если они не входят в состав сложных россыпных месторождений и не обнаружены при отработке россыпей других видов. Их

золото часто проседает в трещины коренных пород, местами на глубину до 4 м, а иногда их самородки, включенные в чистый инъекционный лед, подняты до полуметра над плотиком. Все это создает резкие колебания не только мощности пласта, но и положения его в разрезе. Средняя крупность золота нередко более 10 мм, порой это одни самородки, распределение которых в плане хаотичное гнездовое. Все это не зависит от размеров этих россыпей и не в пользу применения к ним стандартной методики поисков и разведки. При обычной конфигурации и плотности поисковых сетей вероятность получить хотя бы одну значимую пробу в пределах контура россыпи весьма низкая, к тому же пробы с аномально высокими содержаниями золота принято ограничивать.

Но они характерны для этих россыпей. Зная их особенности, поисковые и оценочные работы бурением возможны, но сопряжены с риском. Надо, прежде всего, определить площадь, на которой достаточно высока вероятность наличия такой россыпи. Вторичные перлювиальные россыпи можно предвидеть в главной долине на продолжении россыпей или долин притоков, потенциально золотоносных, а первичные россыпи этого вида – в местах пересечения долиной рудных зон или заложении ее вдоль них. В долинах, где уже проводились буровые работы, таким признаком служит высокая средняя крупность золота, ведущая к аномально высоким его содержаниям в единичных пробах у плотика или в коренных породах, а если была отработка, это высокий (более 20 %) выход фракций +4 мм относительно изометричного золота. Требование к сети поисковых выработок – обнаружить хотя бы единичные зерна золота этих россыпей. На стадии оценки сеть должна быть достаточно густой, чтобы число «положительных» выработок позволило наметить контуры россыпи и оценить запасы. Разведка перлювиальных россыпей возможна только горными выработками с валовым опробованием приплотикового аллювия и трещиноватых коренных пород на большой площади плотика. Так как специализированные поиски перлювиальных россыпей прежде почти не велись, несмотря на небольшую обычно глубину залегания, большинство из них не выявлены. Это делает их самыми перспективными из пластовых, особенно в больших долинах.

Косовые россыпи имеют достаточную для разработки величину только в очень больших долинах. Современные известны давно, бывают очень богатыми и после отработки регенерируются. Но, несмотря на это, освоение их затруднено все же малыми размерами и сложностью выделения «плавучего» золота из всегда большого количества других тяжелых минералов.

На основании данных бурения в долине р. Чара предполагаются отмершие и захороненные косовые россыпи больших размеров, но сложного строения [2]. В разрезе серии слоев составляют крутопадающие линзы. В плане серии малых косовых линз-сегментов образуют прерывистые полосы, ориентированные поперек долин, и серии таких полос на протяженных отрезках долин. Эти месторождения, не сплошные ни в разрезе, ни в плане, могут быть полностью представлены лишь на дне долин, находящихся в абразионной стадии развития (фазе боковой эрозии). В стадию равновесия они отчасти сохраняются на дне долин, но лишь в пределах высокой поймы, где перекрыты ее фациями. Для обнаружения захороненных косовых россыпей надо выявить и опробовать береговые фации аллювия. Явный признак наличия такой россыпи – ураганное содержание в отдельных пробах мелкого чешуйчатого золота. Вероятность их обнаружения редкими поисковыми линиями и работами невелика, а при разведке пластовых россыпей средние и верхние части разреза, где размещены береговые фации, не опробуются. К тому же нахождение пластовых и косовых россыпей на одном участке долины, хотя и не исключено, не правило. Поэтому поиски захороненных косовых россыпей надо вести отдельно. Методика поисковых, как и разведочных работ, отсутствует, ее предстоит разрабатывать.

Равновесных современных россыпепроявлений множество, и они служат основными объектами шлихового опробования. А захороненные россыпи этого вида пока не известны. Их поиски, как и косовых россыпей, надо начинать с выявления содержания мелкого золота в береговых фациях аллювия. Методики работ пока тоже нет.

Аккумулятивные россыпи редки, но местами встречаются группами. Несколько больших таких россыпей палеогенового возраста было найдено при разработке позднеплейстоценовых шлейфовых россыпей в Алданском золотоносном районе Якутии: месторождения Большой Куранах, Томмот и другие. Успешные поиски их в последнее время проводились в Амурской области, где разведаны месторождения Нагима, Джелинда и другие. Можно ожидать такие золотые россыпи в приполярной части Северо-Востока России, где условия их возникновения вполне благоприятны (многообразие типов золотого оруденения, распространение кор выветривания, долгая история россыпеобразования) и известны подобные россыпи касситерита: месторождения Ванькина губа, Депутатское, Кислый-Мамонт, Чокурдах и другие. В каждой разведаны большие запасы золота или олова. Но 2/3 их золота тонкодисперсное, разведкой не учтено и незаметно уходит при отработке. Ею улавливается

далеко не все даже учтенное мелкое, так как оно сочетается со всегда высокой глинистостью вмещающих осадков. Тем не менее, только для аккумулятивных россыпей приемлема стандартная методика разведки пластовых, лишь промывку проб надо дополнить геохимическим опробованием. А методику их прогноза и поисков надо разрабатывать. Для них важны любые способы устойчивого накопления осадков (кроме ледниковых) близи мест устойчивого же разрушения больших рудных объектов, особенно подвергшихся химическому выветриванию.

Многопластовые эрозионные россыпи в зонах тектонических уступов и палеоуступов можно искать так же, как обычные эрозионные, и так же разведывать нижние пласты. При разведке средних и верхних пластов приходится ориентироваться только на особенности состава вмещающего аллювия и результаты опробования.

Сложные россыпные месторождения довольно легко найти, благодаря многообразию их проявлений, но очень трудно оценить и разведать. Чаще всего они – результат совмещения шлейфовых и перлювиальных россыпей (рис. 2), имеющих свои геологические особенности. Золото россыпей этих двух видов различается по крупности, морфологии, положению в разрезе. Объединение данных опробования по этим россыпным пластам ведет к серьезным ошибкам: искажению контуров (они у этих двух видов совершенно разные), содержания и запасов золота. Надо тщательно документировать бурение и опробование, выделяя стрежневый аллювий и отделяя заключенное в нем пластинчатое золото шлейфовых россыпей от лежащего на плотике или проникающего в него по трещинам золота перлювиальных. Оно гораздо более крупное и изометричное. Достоверные результаты может дать лишь раздельная разведка россыпных пластов каждого вида элементарных россыпей, составляющих сложное месторождение.

Нетрадиционные россыпи тем более требуют индивидуального подхода на всех этапах геолого-разведочных работ. Опыт такой пока очень мал или отсутствует. Традиционная методика (исключая опробование) и технология разведки с некоторыми поправками применимы только к нетрадиционным аккумулятивным россыпям. При разведке и освоении техногенных россыпей важно учитывать, кроме путей их возникновения, особенности исходных месторождений.

Математические модели россыпей и анализ данных

Одним из важных направлений в разработке современных методов поисков и разведки месторо-

ждений полезных ископаемых является совершенствование математических методов анализа данных, лежащих в основе компьютерных технологий прогнозирования, планирования и интерпретации результатов ГРП. Ключевая задача в этом направлении – разработка математических моделей, адекватно отображающих свойства месторождений.

В большинстве работ по применению математической статистики в геологических исследованиях моделью месторождения служит область пространства, каждой точке которой приписывается величина, характеризующая концентрацию полезного компонента (содержание или вертикальный запас). Изучение месторождения сводится к статистическому анализу результатов опробования, предполагая, что изучаемые параметры представляют собой непрерывные случайные величины. На этой основе выведены формулы для определения оптимальных объемов опробования, погрешностей при определении среднего содержания и других критериев эффективности геологоразведочных работ [6].

Альтернативой непрерывной модели является модель, рассматривающая месторождение как совокупность частиц золота разных фракций, случайно размещенных в пространстве. Данная модель более гибкая, лучше соответствует реальности, но требует вычислений, основанных на законах распределения дискретных случайных величин. Современная техника позволяет производить такие вычисления с приемлемой точностью в режиме реального времени. Опираясь на дискретные модели распределения частиц золота разной крупности, мы имеем возможность, задавая различные параметры месторождений, определять, какими должны быть результаты опробования при заданных объемах проб и конфигурации разведочной сети. Такие вычислительные эксперименты дают возможность судить о надежности методов ГРП и более обоснованно интерпретировать их результаты [12].

Установлено, что традиционные методы статистического анализа оправдывают себя только при изучении шлейфовых россыпей, но и тут надо учитывать сложность геометрии их струй. Для перлювиальных, эрозионных, косовых россыпей более адекватны методы, основанные на дискретных моделях распределения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Условия и процессы формирования аллювиальных россыпей разного золота, по-разному перемещаемого водотоками в разные стадии эрозионного цикла или остающегося пассивным, проявлены в их больших разносторонних генетических геологических разли-

чиях. Динамическая классификация этих россыпей – основа индивидуального подхода к ним, применения к каждому их виду наиболее эффективной для него методики поисков и разведки. Это позволяет более полно осваивать ранее отработанные россыпные месторождения, находить и оценивать новые пластовые россыпи в слабо еще изученных речных долинах низших и самых высоких порядков в освоенных районах, обнаруживать такие же и нетрадиционные россыпи во многих частях разнообразной территории и обширной акватории шельфа морей Северо-Востока России.

Первоисточниками золота многих видов россыпей могут служить не только немногие типы оруденения, известные как россыпеобразующие, но и практически все из них. Это существенно расширяет перспективы экзогенной золотоносности. Исчерпаны, на самом деле, не ресурсы россыпного золота, а возможности принятой методики прогнозов, поисков, разведки россыпных месторождений, основанной на их неадекватных классификациях.

Применение нового индивидуального подхода к изучению аллювиальных россыпей золота, основанного на генетически обусловленных геологических особенностях каждого их динамического вида, позволит россыпям еще многие десятилетия оставаться значительной составляющей золотодобычи не только в Магаданской области и на Северо-Востоке России, но и в других ее регионах, включая Приамурье, где немало сходных проблем и перспектив [21]. Это потребует значительных затрат, но они должны с лихвой окупиться.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 11-05-00274-а) и ООО «Золотодобывающая корпорация».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. Издание второе. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 471 с.
2. Блинов А.А. Принципы прогнозирования золотоносных россыпей в нижнем течении р. Чары // Металлоносность осадочных и магматических комплексов средней Лены. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1995. С. 90–102.
3. Геология россыпей золота Северо-Востока СССР. Магадан: Кн. изд-во, 1979. 200 с.
4. Гольдфарб Ю.И. Динамическая классификация аллювиальных россыпей золота Северо-Востока России // Геология руд. месторождений. 2007. Т. 49, № 4. С. 275–305.
5. Гольдфарб Ю.И. Преимущества генетической (динамической) классификации аллювиальных россыпей золота Северо-Востока России // Отеч. геология. 2011. № 2. С. 30–39.
6. Куторгин В.И., Джобадзе В.А., Тарасов А.С., Наточинский В.И., Емельянов С.А., Мочалов А.Г. Система оценки и разведки россыпных месторождений золота и платиноидов на основе многофакторных моделей. М.: ЦНИГРИ, 2002. 237 с.

7. Маслов Ю.С. О золотоносности донных осадков прибрежной зоны Восточно-Сибирского моря // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан: Кн. изд-во, 1974. Вып. 21. С. 199–204.
8. Методика разведки россыпей золота и платиноидов. М.: Изд-во ЦНИГРИ - НТК «ГЕОЭКСПЕРТ», 1992. 285 с.
9. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых // Россыпные месторождения. М.: Изд-во МПР России, 2007. 66 с.
10. Методические указания по подсчету запасов золота и олова в россыпях. Магадан: Кн. изд-во, 1979. 108 с.
11. Методическое руководство по разведке россыпей золота и олова. Магадан: Кн. изд-во, 1982. 161 с.
12. Петров А.Н., Прейс В.К. Выбор оптимальных объемов опробования россыпных месторождений золота на основе математического моделирования // Золото северного обрамления Пацифики: II Междунар. горн.-геол. форум, посвящ. 110-летию со дня рождения Ю.А. Билибина: Тез. докл. горн.-геол. конф. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2011. С. 261–262.
13. Петров С.Ф. Россыпная золотоносность Усть-Каменогорской неотектонической депрессии // Проблемы геологии и минерагении в развитии минерально-сырьевых ресурсов: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Сатпаевские чтения-2010». Алматы, 2010. С. 220–223.
14. Сорокин А.П. Морфоструктуры и кайнозойские россыпи золота Приамурья. М.: Наука, 1990. 106 с.
15. Типоморфизм самородного золота / Методические рекомендации для геологоразведочных работ. М.: ЦНИГРИ, 2003. 70 с.
16. Травин Ю.А. Некоторые особенности строения аллювиальных россыпей современных речных долин на Северо-Востоке СССР // Актуальные проблемы геологии золота на Северо-Востоке СССР. Магадан: СВКНИИ, 1972. С. 118–125.
17. Шанцер Е.В. О генетических типах континентальных отложений и генетических типах россыпей // Геология россыпей. М.: Наука, 1965. С. 14–27.
18. Шило Н.А. Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1981. 383 с.
19. Шило Н.А., Карташов И.П., Патык-Кара Н.Г., Шумилов Ю.В. Теория перигляциального россыпеобразования. Статья 2 // Тихоокеан. геология. 1991. № 6. С. 87–99.
20. Шило Н.А. Учение о россыпях. Владивосток: Дальнаука, 2002. 576 с.
21. Эйриш Л.В. Некоторые геолого-геоморфологические особенности формирования золотоносных россыпей Приамурья // Тихоокеан. геология. 2008. Т. 27, № 5. С. 104–114.

Рекомендована к печати Н.А. Горячевым

Y.I. Goldfarb, A.N. Petrov, V.K. Preiss, D.A. Skurida

Geological prerequisites to a differentiated approach to the search for and exploration of alluvial gold placers (as exemplified by Northeast Russia)

A new approach to investigation of alluvial gold placers is offered from the data on Northeast Russia. On the basis of genetically conditioned geological differences of the alluvial placers eight dynamic species have been established, as follows, brush-type, erosion, trail (apron), perluvial, braid (bar), equilibrium, accumulative (aggradation) and gravitation species. They differ in composition, volume, form in plan and section, distribution in river valleys of assorted size, their relations with dissimilar morphostructures, gold sources, etc. In gold-enriched regions different-species placers are often contiguous forming complex placer deposits. The most complex deposits are located in large river valleys. All species of placers and their combinations were characterized. It is useful to take into account their differences in the course of developing and their forecasting, searching and exploitation. Some directions of differentiation of these works at various stages are offered.

Key words: gold placers, placer bed, bedrock surface relief, search, prospecting, Northeast Russia.