

УДК 553.41

ОЦЕНОЧНЫЕ КРИТЕРИИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

© 2014 Г.С. Мирзеханов

Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственная фирма «Компас Геосервис» - Институт Горного дела ДВО РАН г. Хабаровск, 680022; e-mail: mgs_gold@mail.ru

Рассмотрены признаки и критерии, влияющие на потери золота при освоении россыпных месторождений золота Дальнего Востока России, определены уровни их влияния. Показана возможность использования отдельных критериев или их совокупности при определении ресурсного потенциала всего комплекса техногенных образований. Оценка ресурсного потенциала это перспектива сохранения социально-экономической стабильности районов с традиционной россыпной золотодобычей.

Ключевые слова: месторождения золота, техногенные образования, ресурсный потенциал, потери, критерии.

Ресурсный потенциал техногенных образований отработанных россыпных месторождений золота является существенным резервом пополнения минерально-сырьевой базы золотодобывающих предприятий. Оценка его производится, основываясь в основном на величине технологических потерь, которые происходят на стадии отработки-промывки россыпного месторождения и во многом определяются технологическими особенностями используемых промывочных приборов и дополнительного оборудования. При таком подходе стоит ожидать, что чем более усовершенствован промывочный прибор, тем меньше и ожидаемый ресурсный потенциал техногенных образований. Ни у кого не вызывает сомнений тезис о том, что если нет существенных потерь полезных компонентов или они минимальны, значит нет проблемы оценки ресурсного потенциала техногенных образований. Вместе с тем, на протяжении всей истории золотодобычи вопрос изучения потерь золота и перспектив, связанных с техногенными образованиями отработанных россыпей, неоднократно поднимался многими производственниками и исследователями (Белов, 2008; Беневольский, 2002; Власов, 1960; Ковлеков, 2003; Макаров, 2001; Мамаев, 1997; Мирзеханов, 1997; Шило, 2000 и др.).

Анализируя имеющиеся данные все авторы приходят к выводу, что потери золота существенны, и содержания золота порой в техногенных образованиях значительно превышают таковые в исходных песках. Объясняется этот факт с различных позиций: последующим высвобождением золота из глинистого материала в процессе осушки и промораживания; гранулометрией золота – преобладанием в исходных песках тонкой и мелкой фракции; не совершенством разведочного и промывочного оборудования. Многолетние опытно-методические исследования, проведенные на 47 россыпных объектах юга Дальнего Востока (рис. 1), позволяют сделать вывод о том, что ничего противоестественного в этом процессе нет. Все обусловлено сочетанием различных субъективно-объективных факторов производственно-геологического характера. Часть из них непосредственно предопределяет уровень потерь золота, другая – создает иллюзию высоких «противоестественных» потерь. Соответственно золото из ничего и не откуда не может появиться, и только полноценный учет всех производственно-геологических параметров, определяющих потери, позволяет объективно оценить ресурсный потенциал техногенных образований – техногенных россыпей.

Под техногенными образованиями понима-

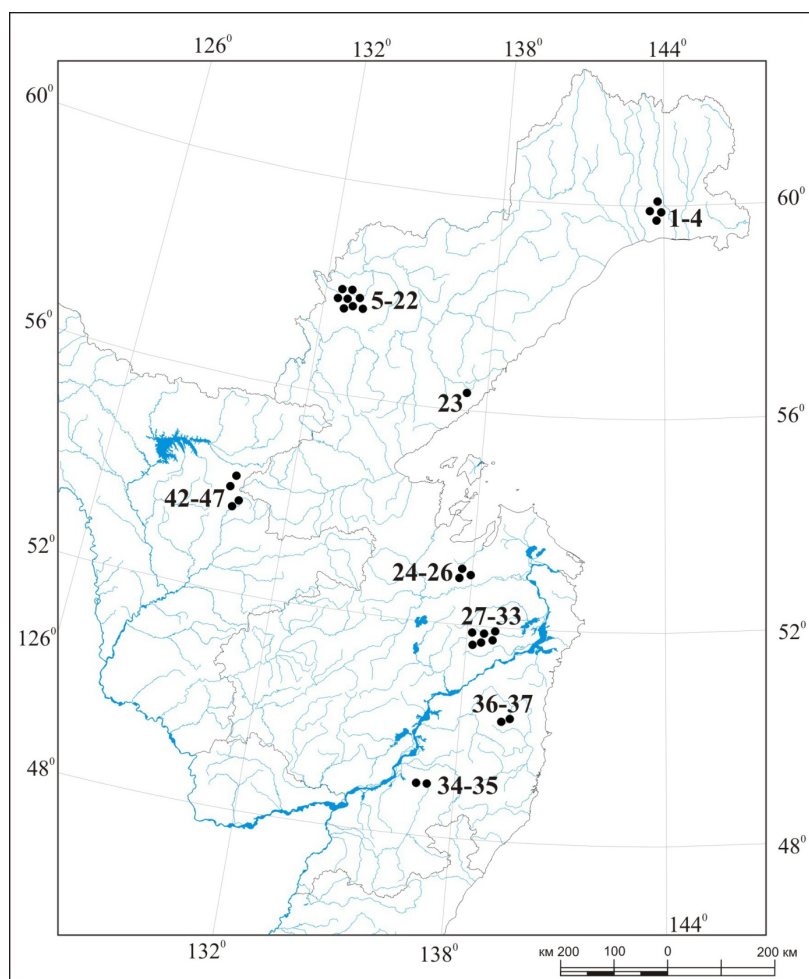


Рис. 1. Схема расположения россыпных объектов м-б 1:10 000 000

Россыпи Хабаровского края: 1-4 – Охотского р-на, 5-23 – Аяно-Майского р-на (в том числе россыпь р. Пр. Дарья, россыпь р. Белая), 24-26 – р-на им. П. Осипенко, 27-33 – Ульчского р-на, 34-35 – р-на им. Лазо (в том числе россыпи рр. Средний, Ключевой и Болотистый), 36-37 – Ванинского района; россыпи Амурской области: 42-47 – Селемджинского р-на.

ется комплекс всех техногенных продуктов, находящихся на площади отработанной россыпи, включающий как отвальный комплекс (вскрышные породы, гале-эфельные отвалы и т.д.), остаточные целиковые участки – бортовые и внутриконтурные целики, целики непосредственно примыкающие к отработанной россыпи ниже и выше, невыбранные приплотиковые участки, хвосты переработки шлихового концентрата, а также современные аллювиальные отложения, формирующиеся за счет размыва отвального комплекса и остаточных целиковых участков. Такой подход не противоречит типизации техногенных «россыпей» в ее классическом виде (Шило, 2000, с. 468). Сущность их как категория «месторождение» определятся намного позднее, в случае благоприятного сочетания многих признаков, как производственно-геологических, так и социально-экономических.

К основным геологическим и производственным параметрам, определяющим ресурсный потенциал техногенных образований, относятся:

- гранулометрический состав металла и его морфология;
- первичные содержания драгметалла в песках;
- количество тяжелых минералов в шлихе исходных песков;
- гранулометрический состав исходных песков;
- литологический состав песков;
- особенности плотика россыпей;
- оборудование и техника, используемые при добыче;
- человеческие возможности;
- оборудование, используемое при доводке шлихов;
- время года, когда происходила промывка песков;
- оборудование, используемое при доводке шлиховых концентратов;
- качество разведки;
- послеотрабочные мероприятия.

Для каждого из обозначенных параметров

выделены критерии оценки их проявления как индивидуально, так и в определенных сочетаниях, что позволяет формально оценить ресурсные перспективы техногенных образований. Реальные же ресурсы техногенных образований зависят от сохранности их разновидностей в постотрабочном пространстве и состояния рекультивационных мероприятий. В процессе разведки, подготовки и освоения объекта степень проявления каждого параметра оказывает определенное влияние на полноту извлечения запасов металла из недр и на его потери при промывке и доводке шлихового концентрата.

Гранулометрия золота и его морфология. Гранулометрия золота (данные ситового анализа) – основной фактор, по которому определяются технологические потери драгоценного металла при промывке песков. Морфологические особенности золотин и влияние их на технологические потери при этом не учитываются. В техногенных образованиях отработанных и обрабатываемых россыпей наряду с мелким золотом, присутствуют крупные пластинки, сростки золота с другими минералами, по размерности которые не уступают, а порой и превышают размеры металла исходных песков (Галич, 1998; Мирзеханов, Курбатов, 2002). Наличие в россыпи пластинчатых форм золотин существенно увеличивает технологические потери при промывке. В зависимости от количества и их преобладания в какой-то определенной фракции потери возрастают от 1 до 3.5 раз (Мирзеханов, 2002). Соответственно увеличение потерь при промывке позволяет рассчитывать на повышение перспектив последующей отработки галеефельных отвалов. Однако есть случаи, когда встречаются веретенообразные формы золотин с отношением размеров длинной и короткой оси как 3 к 1 (2:1), что также искажает результаты ситового анализа. Фактические потери в таком варианте значительно меньше, чем расчетные по ситовому анализу.

Первичные содержания драгметалла в исходных песках. Минимально-промышленные содержания, при которых можно рентабельно разрабатывать россыпи для различных экономических районов, отличаются. С учетом требований к каждому экономическому району, например, для Хабаровского края условно выделяется 5 уровней средних содержаний драгметалла (< 0.2 ; $0.21-0.89$; $0.9-2.0$; $2.1-5.0$ и > 5.0 г/м³). С одной стороны, высокие исходные содержания золота в песках, на первый взгляд, не оказывают непосредственного влияния на потери золота, но его абсолютные содержания в отвалах при постоянном проценте технологических потерь тем выше, чем выше исходные содержания в промываемых песках. С другой стороны, исходные содержания ме-

талла в песках влияют на потери через такой показатель, как емкость постели, которая, в свою очередь должна определить технологию промывки с утверждением графика 2-3 разового сполоска, что в большинстве случаев на практике не производится из-за дополнительных потерь времени и соответственно уменьшения объемов промывки (Шорохов, 1973). На опытно-методических полигонах установлено, что наибольшее соответствие проектных и практических потерь наблюдается при промывке песков с содержаниями золота второго уровня средних содержаний золота. На пороге содержаний 1800 мг/м³ и выше наблюдается заметное увеличение технологических потерь золота. При максимальных содержаниях золота (более 5 г/м³) фактические потери по россыпям бассейна р. Болотистый в 1.5 раза превышали расчетные (рис. 1).

Значимость фактора «первичные содержания» можно рассматривать и с других позиций, что крайне важно при оценке перспектив техногенных образований. При одинаковых величинах проектных технологических потерь и при сопоставимости основных особенностей россыпей, высокие средние содержания золота позволяет прогнозировать повышенные его содержания в отвальных комплексах. Чем выше средние содержания золота в песках россыпи, тем выше его содержание в отвалах. Соответственно мы вправе ожидать в отвалах россыпных месторождений, разрабатываемых при более высоких минимально-промышленных количествах, и более высокие содержания золота. Технологические потери, определенные из расчета в размере 10%, гарантируют при 80% эфельности песков, содержания золота в отвалах россыпей первого уровня не менее 20-80 мг/м³, второго уровня – 90-200 мг/м³, для третьего уровня – средние содержания золота будут составлять до 500 мг/м³, для четвертого – превышать 500 мг/м³. Так например, на долю россыпей с содержаниями золота в исходных песках 2.1 г/м³ и более приходится 16.5% в южных, 27.4% – центральных и 19.8% – северных экономических районах Хабаровского края. В то же время доля запасов металла концентрированного в месторождениях этих групп, в среднем по краю составляет 62% от всех имеющихся запасов. При этом существует значительный разброс по экономическим районам: южный экономический район – 25.7%, центральный – 79% и северный 57.4%.

Количество тяжелых минералов в исходных песках. Повышенные количества тяжелых минералов в исходных песках, особенно когда размерность этих минералов близка к размерности золота, приводит к тому, что с одной стороны – золото находится в массе тяжелых минералов во взвешенном состоянии и уходит в хвосты,

не успев претерпеть полную дезинтеграцию в пределах шлюза, с другой — на определенной стадии промывки тяжелые минералы заполняют объем постели и настолько уплотняются, что поток воды не способен вовлечь эту массу в турбулентное движение, и золото практически не задерживаясь по ровной поверхности уходит в отвалы. Это значит, что потери золота при разработке россыпей, пески которых в повышенных количествах содержат тяжелые минералы, к концу суточной промывки существенно увеличиваются. Аналогично, как при ситуации с повышенными содержаниями золота, в данном случае также необходимо осуществление в течение суток двух- трехразового сполоска, что на практике практически не реализуется. При повышении количества тяжелых минералов в исходных песках от 12 до 25% потери, например по россыпи ручья Правая Дарья увеличивались более чем в два раза (рис. 1).

Гранулометрический состав песков. Влияние данной характеристики песков на потери золота при промывке достаточно трудно установить, однако преобладание той или иной фракции затрудняет или наоборот облегчает процесс дезинтеграции золота. Преобладание в песках фракции размерностью менее 80-30 мм (в зависимости от минимальных размеров ячеек сетки размывочного стола промывочного прибора) создает вязкий глинисто — водный поток с отношением Ж:Т (жидкой к твердой фазе) $\ll 10$, что не дает частицам золота попадающих на шлюз полностью осесть и соответственно приводит к увеличению потерь.

Опосредованное, точнее «ложное», влияние гранулометрического состава песков на

потери, которые мы отмечаем при опробовании на опытных полигонах, проявляется в следующем: при обработке россыпи теряемое золото в основном концентрируется в эфельных отвалах (90%). Фиксируемые в них, при опробовании, содержания золота принимаются за показатель величины потерь — чем больше содержания золота, тем выше потери. Прямое сопоставление содержания золота в отвалах и исходных песках и является «ложным» показателем оценки уровня потерь. Объем эфельного отвала зависит от количества фракции менее 80 мм (эфельная фракция) в исходных песках. В зависимости от эфельности песков одно и то же количество теряемого металла будет находиться в разных объемах отвала. Например, при промывке 1000 м³ песков с содержаниями 1 г/м³ золота при расчетных технологических потерях 10% в отвалах окажется 100 грамм золота, в том числе в эфельных — 90 г. В случае, если в песках на долю фракции эфельной размерности приходится 60%, то соответственно 90 г металла распределяется в теле отвала объемом 600 м³, если же доля этой фракции составляет всего 10%, то оно будет сосредоточено в отвале объемом 100 м³. Иначе говоря, при опробовании в первом случае содержание золота в эфельном отвале будет составлять 150 мг/м³, во втором 900 мг/м³, что близко к таковому в исходных песках. Таким образом, количество теряемого золота, выражаемое через его содержания (мг/м³) в отвалах имеет обратную зависимость от эфельности исходных песков. При стабильном уровне технологических потерь с уменьшением эфельности песков содержания золота в отвалах увеличиваются (рис. 2). На практике, в большинстве случаев, этот фактор

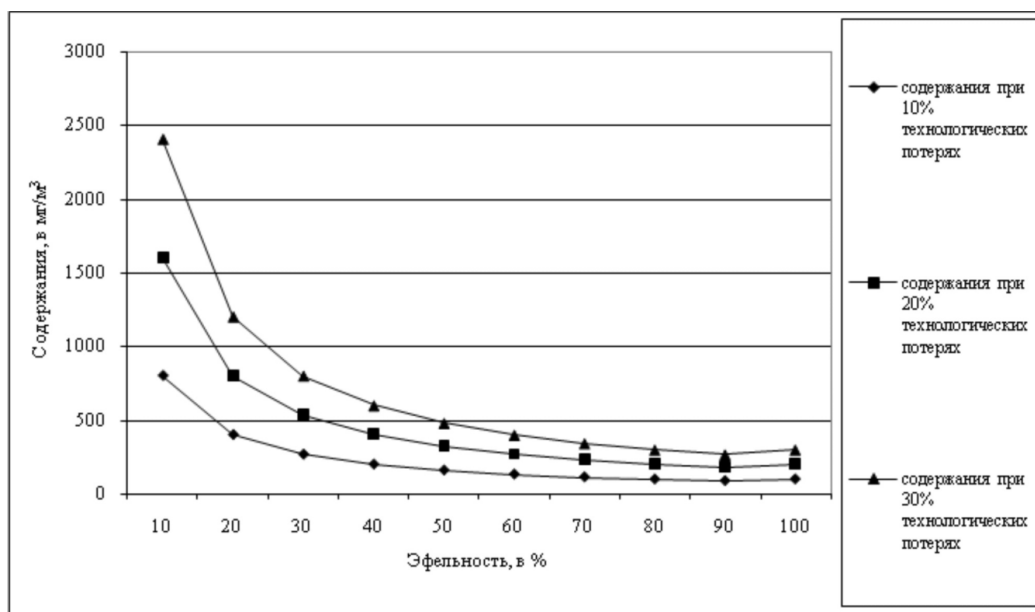


Рис.2. Зависимость содержания золота в эфельных отвалах от степени эфельности песков при исходных содержаниях золота в песках 1 г/м³, ежесуточной промывки 1000 м³ и величине технологических потерь 10%, 20% и 30%.

не учитывают и наличие высоких содержаний золота в опробуемых отвалах относят на сверхнормативные потери. Иногда неправильно сделанные исследователями выводы приводят к абсурдным значениям потерь, достигающих 100 и более процентов от содержаний золота в исходных песках. Так, например, при вышеперечисленных параметрах промытых песков (1000 мг/м^3), но при величине технологических потерь 20% и при эфельности 10%, содержания золота в отвале будет составлять 1800 мг/м^3 , что почти в два раза выше содержаний золота исходных песков, при 30% технологических потерь – 2400 мг/м^3 и т.д. (рис. 2). Таким образом, учитывая взаимосвязь между коэффициентом эфельности ($K_э$), содержаниями золота в песках ($C_п$) или в эфелях ($C_э$) и процентом технологических потерь можно всегда определить один из этих параметров по формуле:

- расчет фактических потерь ($P_ф$) при промывке:

$$P_ф = C_э \cdot K_э / C_п \quad (1);$$

- расчет средних содержаний ($C_э$) в эфельных отвалах:

$$C_э = P_ф \cdot C_п / K_э \quad (2).$$

Такой подход позволяет оценить как ресурсный потенциал эфельных отвалов, так и вести жесткий контроль за ежегодной отчетностью недропользователей.

Литологический состав песков. К той особенности литологического состава песков, которая существенно оказывает влияние на величину потерь металла при промывке, относится глинистость. На изученных полигонах, где пески имеют повышенную глинистость, технологические потери несомненно возрастают. При промывке вязко – глинистые массы скатывают металл, образуя шарiki различных размеров. Они, не размываясь вместе с золотом, сносятся в отвалы. После длительного воздействия процессов выветривания, особенно промораживания, при повторной промывке золото из глинистой составляющей таких отвалов легко извлекается.

Повышенная глинистость песков характерна для многих россыпей. Содержание глинистого материала, как показали исследования на опытных полигонах, изменяется от 1 до 58%. Увеличение глинистого материала от 1.5 до 23% приводит к последовательному закономерному росту потерь в 3.2 раза (рис. 3).

Особое значение фактор «глинистость» приобретает в том случае, когда количество глинистого материала достаточно высокое. Потери золота при увеличении количества глинистого материала возрастают, достигая в некоторых россыпях величины 26.5%. Это более чем в 2.5 раза выше средних технологических потерь. Относительно расчетных, увеличение потерь

по россыпи руч. Среднего составляет 2.5 раза, для руч. Ключевого – 1.4 (рис. 1). По россыпи р. Белой (устьевая часть руч. Дельта) потери возрастают от трех до 10 раз (рис. 1). Сочетание крупного золота и повышенной глинистости песков приводит к существенному повышению потерь, связанных с галечной составляющей отвалов. В галечных отвалах этих россыпей отмечаются наибольшие потери золота – до 4.8%. Причем технологические исследования крупнообъемной пробы из песков руч. Встречного (рис. 1) показывают, что с глиной, в том числе находящейся в трещинах, гнездах, западинах гали и валунов, уходит в отвалы более 40% золота.

Особенности плотика россыпей не оказывают непосредственного влияния на потери при промывке, однако значимость этого фактора в оценке потерь металла при разработке россыпи в целом велика. Этот критерий позволяет существенно корректировать (повысить или понизить) общие перспективы россыпи на повторную отработку. При его анализе важное значение имеет не состав пород, слагающих плотик россыпного месторождения и форма поверхности (ровная, волнистая, ямчатая и т.д.), а физико-механические особенности пород плотика. Хорошо разрушаемый плотик легко вовлекается в промывку и, соответственно, просаженный металл извлекается без особого труда. Плотные, крупноглыбово – трещиноватые породы плотика не позволяют полноценно извлекать золото, попавшее в глубокие трещины (в известняках – карстовые полости), особенно, если при разработках используется бульдозерная техника малой и средней мощности.

Возможные потери, связанные с плотиками, в каждом случае определяются индивидуально. На ряде россыпей Хабаровского края величина потерь, обусловленная особенностями плотика, изменяется от 10 до 50%, составляя в среднем 17% от исходных запасов металла в россыпи. Вовлечение остаточных приплотиковых участков отработанной россыпи в повторную разработку не требует применения иной технологии, отличающейся от повсеместно применяемой при золотодобыче.

Конструктивные особенности оборудования и технические параметры применяемой техники. Полнота отработки россыпи и извлечения металла во многом зависит от оборудования и техники, используемой при добыче. На протяжении 100 лет принципы и технологические особенности оборудования применяемого на разработке россыпных месторождений изменились несущественно. В основном это касалось дополнительных приставок к промывочным приборам для улавливания тонкого золота и усовершенствования модификаций самих про-

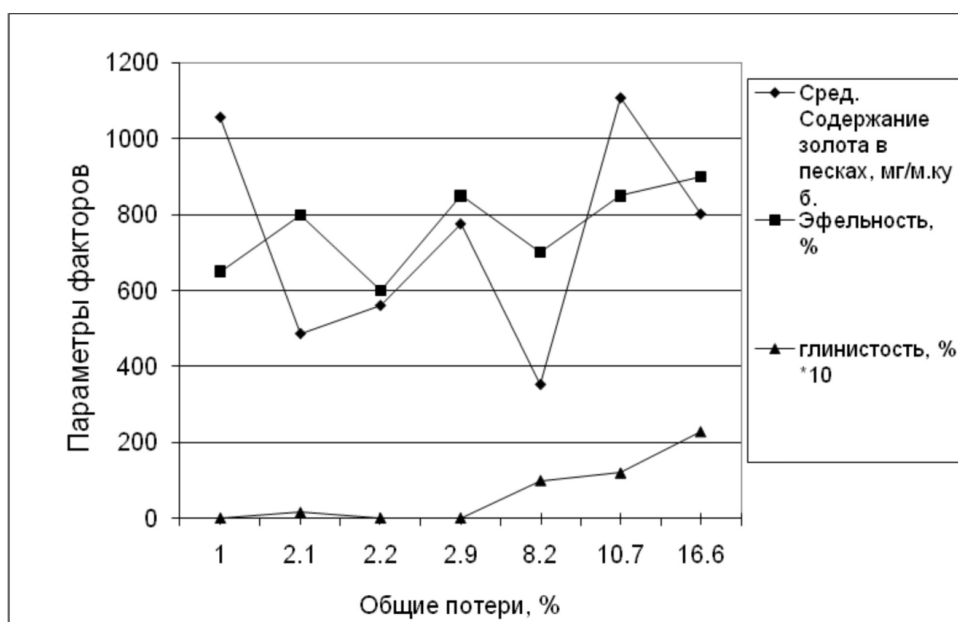


Рис. 3. Зависимость потерь от глинистости песков (россыпь р. Таймень).

мывочных приборов, направленных на повышение объемов промывки и качества извлечения. По способу разделения металла выделяется три группы промывочного оборудования: приборы с одностадийной (кустарные бутары, понурно-шлюзовое оборудование, варшгерды – ППГ-25), двухстадийной (гидроэлеваторы) и приборы с многостадийной (технологические линии) дезинтеграцией металла. В расчетах потерь практически не учитываются действующие конструктивные методы усовершенствования промывочных приборов, дополнительное оборудование в виде любых приставок к ним. Практика показывает, что в целом применяемые в проектах расчеты технологических потерь достаточно реальны для приборов типа ППГ-25 (варшгердов), вторая группа промывочных приборов имеет более современную технологию извлечения металла, а применение дополнительного оборудования существенно повышает эффективность извлечения золота. Наряду с традиционными типами промприборов в последние годы используются различные типы оборудования с повышенной степенью извлечения мелкого золота. Довольно обширный обзор промывочного оборудования и анализ его возможностей проведен в работе В.С. Литвинцева (2000) и других исследователей (Замятин, Кавчик, 2003; Ковлеков, 2002).

Включение в технологическую схему, совместно с промывочными приборами типа ПГШ-50,75, различного оборудования (отсадочные машины, концентрационные столы, центробежные концентраторы, дополнительные шлюзы мелкого наполнения и др.) или использование конструктивно иных промывочных приборов позволяет повысить извлечение золота, в первую очередь, мелкого и тонкого. Собственно

промывочные приборы ПГШ-50,75 не отличаются высокой степенью извлечения золота, и в зависимости от литологического состава промываемых песков величина его колеблется от 12 до 73%. Применение приборов с развитой технологией обеспечивает уменьшение потерь металла этой фракции почти в 6 раз (Замятин, Кавчик, 2003). Однако потери определяются не только фактором «гранулометрия», но и другими производственно-геологическими особенностями. В первую очередь надо иметь в виду, что сопоставлять степень извлечения золота для различных промприборов необходимо в пределах одной россыпи или ее участков с однотипными характеристиками песков, в противном случае подобный анализ приведет к ложным суждениям. Так, на изученных объектах для гидроэлеваторов свойственны наихудшие показатели извлекаемости золота (рис. 4), но это не является показателем объективной оценки работы данного типа прибора, так как на фоне близких гранулометрических характеристик золота, россыпи существенно отличаются по литологическим особенностям песков и средним содержаниям золота. То есть в каждом конкретном случае, повышение величины потерь обусловлено не только особенностями промывочных приборов, но и преобладающим проявлением того или иного фактора.

Немаловажное значение для оценки перспектив повторной отработки объекта имеет и техническая характеристика техники, применяемой при эксплуатации россыпи. В целом, применение бульдозерной техники не отражается на величине потерь в процессе промывки. Однако, технические характеристики бульдозерной техники определяют полноту извлечение

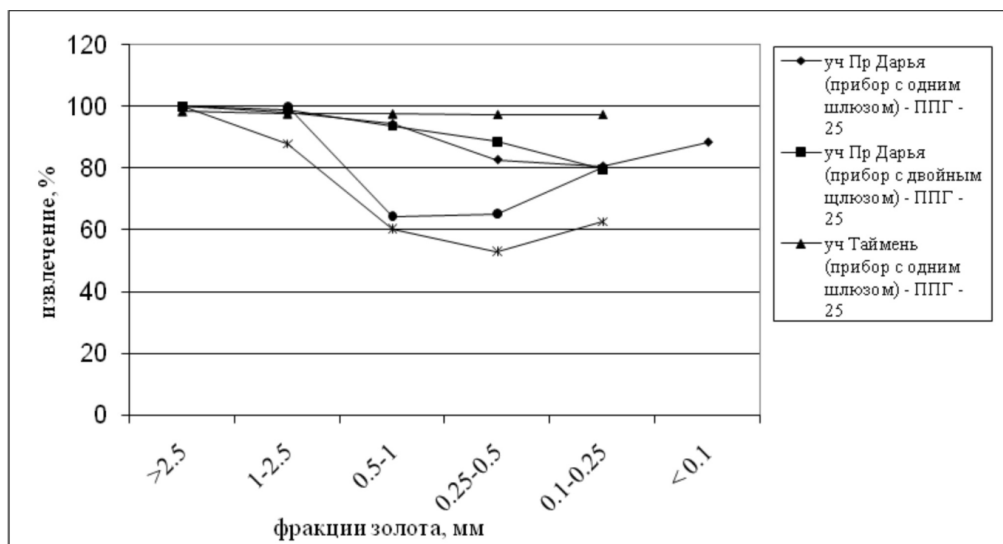


Рис. 4. Извлекаемость золота по фракциям с использованием различных промывочных приборов.

металла, локализованного в приплотиковых частях россыпи, что в целом влияет на качество ее отработки. Существенные потери характерны при отработке россыпей с применением мало-мощной техникой, когда плотик представлен плотными, крупноглыбово-трещиноватыми породами.

Человеческие возможности. Физические возможности человека в процессе промывки существенно влияют на уровень технологических потерь. При традиционной для недропользователей двухсменной системе работы, физические нагрузки на работников достаточно высоки. К концу смены они существенно могут отражаться на качестве промывочного процесса. В первую очередь это касается работы гидромониторщика, занятого непосредственно на обслуживании промывочного прибора. Его усталость к концу смены существенно снижает наблюдательность и контролируемость струи воды гидромониторной установки, что обуславливает неравномерную промывку песков и соответственно повышает потери. Таким образом, в основную часть смены гидромониторщик производит работу в нормально-устойчивых условиях, к концу смены (30%) — происходит хаотично-прерывистая промывка.

Временной период промывки песков. В наиболее ранний весенний и поздний осенний период времени с отрицательными ночными температурами (до -5° и ниже), при промывке происходит неполноценный размыв песков на столе в связи с их смерзанием. На долю времени с пониженными ночными температурами приходится не более 15 дней в весенний период и 15 дней в осенний период, что составляет около 30% от продолжительности промывочного сезона в северных и не более 17% в южных районах. Однако, потери при промывке в эти периоды могут увеличиваться

существенно от 30 до 100% (в среднем не менее 50%), что повлияет на общие сезонные потери.

Оборудование, используемое при доводке шлихов. Потери происходят не только на этапе промывки, но и при дальнейшей обработке шлиха с целью получения концентрата драгметалла. Технические возможности извлечения у различных доводочных приборов отличаются, что обуславливает качество доводки шлихового концентрата. Применяемые способы доводки различны — от лотков, деревянных колодок, металлических бутар, принципы дезинтеграции в которых аналогичны промывочным приборам, до одиночных концентрационных столов и полноценных технологических линий. В целом, потери на этом этапе незначительны и в зависимости от используемого доводочного оборудования составляют 1-2% от общего показателя технологических потерь. Несмотря на то, что потери на доводочной стадии промывочного процесса невелики, накопительный процесс в хвостах доводок приобретает весомое значение. Именно здесь формируются хвосты с содержаниями золота до 1000 и более г/т, которые являются предметом особого рассмотрения для повторного доизвлечения металла (Мирзеханов, 1997; Мирзеханов, Мирзеханова, 2005; Моисеенко, 1997).

Качество разведки. Значительное количество металла на россыпных объектах остается не вовлеченными в разработку в связи с некачественной разведкой. Это — не представительность принятых методов разведки, разведочной сети, объемов опробования, нарушение методики отбора проб, несовершенная технология промывки и доводки проб, а также отсутствие достаточного геологического контроля в период освоения месторождения (Кавчик, 2002; Макаров, 2001; Щевцов и др. 1975). При эксплуатации россыпного месторождения достоверность разведочных

данных подтверждаются различными коэффициентами (коэффициент по пескам, металлу, содержаниям золота), что в конечном итоге отражается на количестве фактически добытого металла. Для многих россыпных месторождений золота значения коэффициента намыва (отношение массы добытого металла к его запасам по данным разведки) изменяется от 0.5 до 2 (Кавчик, 2002). Фактически этот показатель намного выше, если учесть площади остаточных целиков, отнесенных на период разведки к «некондиционным». В таком случае необходимо ввести понятие «показатель качества разведки», рассматривая его как отношение суммы площадей остаточных бортовых и внутриблочных целиков, переоцененных как «кондиционные», к площади отработанной россыпи. Этот показатель на ряде изученных россыпей имеет различные значения и колеблется в интервале 0.1-2 и более (Мирзеханов, 2002). При этом пески доразведанных бортовых и внеконтурных целиков по мощности и содержаниям золота в них лишь незначительно уступают таковым отработанных россыпей.

Фактор «качество разведки» вносит основной вклад в перспективы последующей эксплуатации техногенно-целиковых россыпей. Так, только из-за погрешности разведки (тип бурового станка) при оконтуривании россыпей в законтурных целиках может оставаться до 50% от добытого по объекту золота (Кавчик, 2002). В зависимости от разведочной сети, параметров долины россыпи, периода и способа разведки отработанной россыпи по критерию «качество разведки» реально можно получить прирост запасов с коэффициентом 0.5-2.0 к погашенному количеству запасов по объекту, что отражено в таблице. В оценочных критериях «качество разведки» особое внимание уделено гранулометрии золота, так как считается, что при мелком золоте в песках разведочные работы приобретают более объективное качество и возможный прирост запасов после переоценки минимальный.

Послеотрабочные мероприятия. Россыпь отработана. Определенная часть металла осталась не извлеченной в плотиках, забалансовых бортовых целиках (на период отработки в соответствии с имеющимися условиями запасы в них относились к забалансовым), другая часть потеряна при промывке, концентрируясь в гале - эфельных отвалах и хвостах переработок. Наступает период постотрабочных мероприятий. В лучшем случае — это горно-подготовительный этап рекультивации, сопровождающийся выравниванием поверхности площади отработок перемещением вскрышных масс и отвалов, в худшем — полная рекультивация: горно-подготовительный и биологический этапы, выражающиеся не только в выравнивании по-

верхности, но и в возвращении почвенного слоя, лесовосстановлении и посадке сельхозкультур. Фактические затраты на рекультивацию огромны, только на долю горно-подготовительного ее этапа приходится не менее 10% от ежегодных затрат на производство. Для перспектив повторного доизвлечения металла это значит, что при проведении рекультивационных мероприятий наиболее перспективные техногенные продукты, которые в большинстве случаев могут вовлекаться в повторную, экономически рентабельную отработку с применением более совершенных технологий, будут потеряны. Таким образом, рекультивация в данном случае выступает негативным фактором, исключающим возможность повторной отработки техногенных россыпей. С точки зрения перспектив последующего освоения техногенных образований отработанных россыпей выделены два уровня их состояния: рекультивированы и не рекультивированы. В первом случае вовлекать в повторную разработку объект не имеет смысла, но необходимо ввести поправочный коэффициент, который позволил бы определить возможные минимальные содержания в рекультивированной массе. Рассчитать такой коэффициент возможно, используя процент потерь металла применительно к объекту и объемам торфов и гале — эфельных отвалов:

$$C_{\min} = P \times V_o / V_t \quad (3),$$

где P — потери в $г/м^3$, V_o — объем отвалов в $м^3$ и V_t — объем вскрыши, $м^3$. Отсюда, чем больше объем вскрыши (пустой массы торфов), тем меньше содержание золота в отвальном комплексе и соответственно ниже их значимость для повторной разработки.

В целом прогнозируемые содержания золота конкретных видов техногенных образований рассчитываются через их объемы. При расчете ресурсного потенциала разделенных галечных и эфельных отвалов необходимо ввести поправочные коэффициенты 0.2 (для галечных отвалов) и 0.8 (для эфельных отвалов). Они получены по результатам изучения более 40 россыпных объектов. Суммарное сочетание всех «неблагоприятных» показателей может обусловить увеличение потерь с галечной составляющей до 20%, эфельной составляющей — до 87%, что существенно увеличивает ресурсный потенциал отвального комплекса.

Заключение. Совокупность рассмотренных признаков и показателей, проявляющихся в процессе изучения, подготовки и промывки россыпного месторождения, определяет полноту извлечения золота на различных этапах освоения россыпного месторождения. От их сочетания и степени проявления зависит величина ресурсного потенциала техногенных образований, включающих гале-эфельные отвалы, бортовые,

ОЦЕНОЧНЫЕ КРИТЕРИИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА

Таблица. Критерии оценки ресурсного потенциала золота техногенных образований и уровни их проявленности.

| №№ п/п | Критерии | Уровни проявленности и расчетные коэффициенты | Порядок расчета ресурсного потенциала техногенных образований |
|-----------|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | К1 – гранулометрический состав золота и его морфология | 1 – тонкое пластинчатое (-0.5 мм) – 3.5*; 2 – мелкое уплощенное (+0.5-1.0) – 2.0; 3 – среднее уплощенное (+1-2.0) – 1.5; 4 – крупное уплощенное (+2.0-8.0) – 1.2; 5 – уплощенные самородки – 1.0. | 1. Галечные отвалы: $P_r = (Q \cdot T_p / 100) \cdot 0.2 \cdot K_5 \cdot K_8 \cdot K_{11}$; Содержание золота $C_r = P_r / V_r$ (расчет от объемов горной массы или песков в зависимости от способа отработки россыпи, в среднем на объем гали приходится 30% от объема промывки) 2. Эфельные отвалы $P_{\text{Э}} = (Q \cdot T_p / 100) \cdot 0.8 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7$; Содержание золота $C_{\text{Э}} = P_{\text{Э}} / V_{\text{Э}}$ (в среднем 70% от объема промывки). 3. Бортовые и внеконтурные остаточные целики $R_{\text{обц}} = Q \cdot K_{12}$ По результатам переоценки содержание золота не ниже кондиционных 4. Остаточные плитки $R_{\text{оп}} = (Q \cdot T_p / 100) \cdot K_6 \cdot K_9 (1.2)$; 5. Хвосты шлиховых доводок $R_{\text{хд}} + (Q \cdot T_p / 100) \cdot 10$; Содержание золота – от 5 до 1000 г/т 6. Илесто-глинистые образования отстойников: $R_{\text{иг}} = Q \cdot 0.01 \cdot K_1$; Содержание золота = $R_{\text{иг}} / V_{\text{иг}}$ (не более 0.1% от объема промывки) |
| 2 | К2 – первичные содержания драгметалла в песках | 1 – россыпепроявления < 0.2 г/м ³ ; 2 – россыпи, содержания золота близки к минимально-промышленным (в зависимости от экономических районов края) – 0.2-0.89 г/м ³ – 1.0; 3 – россыпи с повышенными средними содержаниями -0.9-2.0 г/м ³ – 1.01; 4 – россыпи с высокими средними содержаниями – 2.1- 5.0 г/м ³ – 1.5; 5 – россыпи с аномальными содержаниями – более 5.0 г/м ³ – 2.0. | |
| 3 | К3 – количество тяжелых минералов в шлихе исходных песков; | 1 – менее 1.0% – 0.5-0.9; 2 – 1-10% – 1.0; 3 – 11-20% – 1.2; 4 – 21-30% – 1.7; 5 – 31-50% – 2.0; 6 – более 51% – требует изменения технологии промывки – 3.0 | |
| 4 | К4 – гранулометрический состав исходных песков | В зависимости от эфельности песков: 1 – фракция эфельной размерности составляет 10-40% – 0.8; 2 – // - // - 41-65%, в среднем 55 % – 0.9; 3 – // - // - 66-75% (оптимальная) – 1.0; 4 – // - // - 76-96% (повышенная) – 1.3. | |
| 5 | К5 – литологический состав песков; | Наличие глинистого материала: - менее 1% – 1.0; - до 10% – 1.5; - до 20 % – 2.1; - 21-30 и более % – 3.2. | Суммарный ресурсный потенциал по объекту : $R_{\text{общ}} = P_r + P_{\text{Э}} + R_{\text{обц}} + R_{\text{оп}} + R_{\text{хд}} + R_{\text{иг}}$ Содержания золота в целом по объекту рекультивированному: $P_r + P_{\text{Э}} + R_{\text{обц}} + R_{\text{оп}} + R_{\text{иг}} / \sum V_r + V_{\text{Э}} + V_{\text{оп}} + V_{\text{обц}} + V_{\text{вскрыши}}$. |
| 6 | К6 – особенности плитки россыпей | 1 – разрушенные, легко вовлекаемые в отработку породы – 1.0; 2 – плотные, крупноглыбово-трещиноватые породы, трудно вовлекаемые в разработку – 1.0-1.3; | |
| 7 | К7 – оборудование используемое при промывке | 1 – понурно-люзовой тип – 2.0 2 – вашгерды, понурно-шлюзовые и другие приборы с одностадийной дезинтеграцией – 1.0; 3 – гидроэлеваторы и другие приборы с двустадийной дезинтеграцией – 0.7-0.9; 4 – гидроэлеваторы и ВПП с дополнительным оборудованием – 0.5 | |
| 8 | К8 – человеческие возможности | 1 – этап нормально- устойчивой промывки – 1.0; 2 – этап хаотично-прерывистой промывки – 1.1. | |

Продолжение таблицы.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|---|---|
| 9 | К9 – характеристика техники | 1 – тросовые, бульдозера (на базе Т-100; Т-130; Т-170) малой и средней мощности и экскаваторы (только при наличии плотика 2 группы) – 1.2; 2 – Бульдозерная техника повышенной мощности (ДЭТ-250, Т-300-800, КАМАЦУ -155,355–1.0. | |
| 10 | К10 – оборудование, используемое при доводке шлихов | 1 – ручная доводка (лотки, колоды, бутары) – 0.02; 2 – отдельные концентрационные столы – 0.01; 3 – полноценные технологические линии – 0.005. | |
| 11 | К11 – период времени промывки с отрицательными температурами | 1 – северные районы – 1.2; 2 – южные районы – 1.0. | |
| 12 | К12 – качество разведки; | 1. Параметры (ширина, длина) долины в 3 и более раз превышает таковые разведанной (отработанной) россыпи; Разведка произведена бурением с применением ударно-канатного станка или шурфами по сети 400-200×20. Пески выдержанные, распределение металла неравномерное: - золото среднее – 1.5-2.0; - золото крупное – 2.0-3.0. 2. Параметры долины до 3 раз превышает таковые россыпи; Станки ударно-канатного или колонкового способа или шурфы по сети 200×20-10. Пески выдержанные, распределение металла неравномерное: -золото среднее– 0.5-1.0; -золото крупное– 1.0-1.5; 3.Параметры долины 1-2 раза превышает таковые россыпи; Разведка произведена бурением с применением станка ударно-канатного или колонкового способа или шурфами по сети 200×10. Пески выдержанные, распределение металла неравномерное, золото среднее – 0.1-0.3; золото крупное – 0.3-0.5. | |
| 13 | К13 –послеотрабочные мероприятия. | 1 – не рекультивированы – 1.0; 2 – рекультивированы – расчет Р и С производится с учетом объема торфов (V _т). | |

Сокращения: Р – ресурсы (ресурсный потенциал); С – содержания золота; Q – исходные запасы; V – объем; г – галечные отвалы; э – эфельные отвалы; оп – остаточные плотики; общ – бортовые и внутриконтурные целики; иг – илесто-глинистые отложения отстойников; хд – хвосты доводки шлиховых концентратов; Тп – технологические потери.

вне и внутриконтурные остаточные целики, илесто-глинистые отложения отстойников, хвосты доводки шлихового концентрата и остаточные плотики. Присутствие тех или иных критериев повышает (или понижает) перспективы использования ресурсного потенциала техногенных образований. Рекомендуемые оценочные критерии в совокупности позволяют провести достаточно достоверную оценку ресурсного потенциала техногенных образований россыпных объектов любого региона, разработка которых велась открытым раздельным или сплошным гидрав-

лическим способом, существенно расширить минерально-сырьевую базу действующих предприятий и на ближайшие десятилетия решить социально-экономические проблемы районов с традиционной россыпной золотодобычей.

Статья подготовлена в рамках темы НИР «Минералого-геохимическое изучение условий образования вулканогенных месторождений Камчатского края».

Список литературы

- Белов С.В.* Золото. Техногенные месторождения // Информационно-аналитический журнал «Золотодобывающая промышленность». 2008. №3 (27). С. 30-37.
- Беневольский Б.И.* Золото России: Проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Изд.2-е, исправл. и допол.- М.: ЗАО «Геоинформарк», 2002. 464 с.
- Власов А.С.* Характер распределения золота в отвалах горных работ. Труды ВНИИ-1. 1960. Выпуск 65. 311 с.
- Галич В.М.* Пути повышения извлечения золота из отвалов эфелей россыпных золотосодержащих месторождений // Обогащение руд. 1998 № 5. С. 17-19.
- Замятин О.В., Кавчик Б.К.* Расчет потерь золота с эфелями промывочных приборов // ИРБ «Золотодобыча» – ИРГИРЕДМЕТ, 2003. № 52. С. 6-9.
- Кавчик Б.К.* Оценка достоверности разведки месторождений золота // ИРБ «Золотодобыча» – ИРГИРЕДМЕТ. 2002. № 48. С 5-9
- Карелин С.П., Давыдов Ю.К. Кошелев Ю.А.* Состояние и пути совершенствования геологоразведочных работ на россыпное золото // Разведка и охрана недр.2000. № 2. С. 40-42.
- Ковлеков И.И.* Техногенное золото Якутии, М.: Из-во МГГУ, 2002. 303 с.
- Литвинцев В.С.* Обоснование параметров геотехнологии комплексного освоения техногенных россыпных месторождений Дальнего Востока. Автореф. дисс. докт. техн. наук. Хабаровск, 2000. 44 с.
- Макаров В.А.* Геолого-технологические основы ревизии техногенного минерального сырья на золото. Красноярск: ООО «Поликом», 2001. 132 с.
- Мамаев Ю.А.* Проблемы добычи золота из россыпей Дальнего Востока на современном этапе // Добыча золота. Проблемы и перспективы – доклады научно – практического семинара 25-27 ноября 1997 г., Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 1997. С. 13-23.
- Мирзеханов Г.С.* Качество отработки золотоносных россыпей // Добыча золота. Проблемы и перспективы – доклады научно-практического семинара 25-27 ноября 1997 г., Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 1997. С 67-73.
- Мирзеханов Г.С.* Оценка потерь при отработке россыпных месторождений золота и критерий прогноза ресурсного потенциала техногенных комплексов. Методические рекомендации. Хабаровск: изд-во Дальневосточного НИИ минерального сырья, 2002.102 с.
- Мирзеханов Г.С., Курбатов Е.В.* Гранулометрия и морфология золота техногенных россыпей юга Дальнего Востока // Тихоокеанская геология 2002. № 6. Т. 21. С. 99-105.
- Мирзеханов Г.С., Мирзеханова З.Г.* Ресурсный потенциал техногенных образований отработанных золотоносных россыпей // Горный журнал. 2005. № 1. С. 37-41.
- Моисеенко В.Г.* Особенности формирования полигенных россыпей золота и аспекты их оценки. Благовещенск: АмурКНИИ, 1997. 103 с.
- Шило Н.А.* Основы учения о россыпях М.: Из-во Академии горных наук, 2000. 632 с.
- Шорохов С.М.* Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. М.: Недра, 1973. 768 с.
- Щевцов Т.П. Беккер А.Г., Невретдинов А.Б.* Зависимость достоверности разведки от морфологии россыпей // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. 1975. Вып. 22. С 209-217.

МИРЗЕХАНОВ

**ASSESSMENT CRITERIA FOR RECOURSES POTENTIAL OF
TECHNOGENIC FORMATION OF ALLUVIAL GOLD PLACERS**

G.S.Mirzekhanov

*LLC Research-and-Production Firm «Kompass Geo-Service»- Institute of Mining,
FEB RAS, Khabarovsk, 680022*

The article provides data on the signs and criteria affecting the gold losses during the gold placers development. The levels of their influence were revealed. It is possible to use certain criteria or their combination to determine the resource potential of the whole complex technogenic formation. Assessment of the resource potential is the chance to preserve the social and economic stability of areas with the traditional alluvial gold mining.

Keywords: gold placers, technogenic formation, resource potential, losses of gold, criteria.