

# АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗОЛОДОДОБЫЧИ ИЗ РОССЫПЕЙ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРТИЗЫ НОРМАТИВОВ ПОТЕРЬ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**И. Ю. Рассказов**, директор ИГД ДВО РАН, зам. председателя ДальЦКР, д-р техн. наук

**Г. П. Пономарчук**, директор ООО «Центр экспертизы «Недра ДВ», канд. техн. наук

**В. С. Литвинцев**, зам. директора ИГД ДВО РАН, д-р техн. наук

**В. А. Кравцов**, директор Хабаровского филиала ФГУ ГКЗ

**Хабаровское территориальное отделение ЦКР Роснедра (ДальЦКР Роснедра) создано приказом Роснедра № 969 от 31.07.2007 г. Одним из направлений деятельности ДальЦКР является предварительное рассмотрение материалов по уточнению нормативов потерь твердых полезных ископаемых (ТПИ) при подготовке годовых планов развития горных работ. В число субъектов Федерации, на которые распространяются его полномочия, входят Хабаровский и Камчатский края, Амурская и Еврейская автономная области. На этой обширной территории расположено большое число объектов недропользования, среди которых преобладают россыпные месторождения золота, разрабатываемые открытым и подводным (дражным) способами.**

**Р**оссыпные месторождения золота являются ценным минеральным продуктом, они во многом определяют экономическую и социальную обстановку в золотодобывающих регионах и в стране в целом. Их доля в общем объеме добычи золота в России составляла в конце XX в. 70–75 % [1], но в результате отработки богатых по запасам металла месторождений в районах с развитой инфраструктурой в начале третьего тысячелетия наметился определенный спад в добыче россыпного золота. Однако, как считают многие специалисты [2, 3], удельный вес россыпных месторождений золота в ближайшей перспективе по-прежнему будет весомым, даже несмотря на ввод в эксплуатацию ряда коренных месторождений.

Уровень добычи золота из россыпей во многих регионах останется на уровне 25–50 % от общей добычи. В настоящее время в основных районах россыпной золотодобычи разведано около 5000 россыпных месторождений, причем 80 % их имеют запасы менее 500 кг, однако они способны обеспечить сложившийся уровень добычи золота из россыпей в те-

чение 10–15 лет [3] и, что особенно важно, обеспечить работой коллективы мелких и средних недропользователей, сохранить социальную инфраструктуру в традиционных районах золотодобычи. В то же время перспективы Дальневосточного региона России в расширении минерально-сырьевой базы огромны, на этой территории еще много обнаруженных и слабоизученных россыпных месторождений, особенно глубоководных [4].

Весьма существенные запасы горной массы (несколько миллиардов кубических метров) и прогнозные ресурсы золота (свыше 5000 т) техногенных россыпных образований характеризуют эти объекты как важный резерв пополнения минерально-сырьевой базы золотодобычи [2]. Ухудшение качественного состава природных россыпей, размещение их в неосвоенных районах при отсутствии инфраструктуры требуют применения более эффективных технологий разработки месторождений, более совершенных методов переработки продуктивной горной массы и извлечения ценных компонентов. Еще в большей степени это относит-

ся и к проблеме освоения техногенных россыпей.

Всего за период работы на заседаниях ДальЦКР было рассмотрено более 150 объектов разработки золотороссыпных месторождений с различными горно-геологическими условиями. Анализ показал, что в регионе преобладают мелкие и средние месторождения, балансовые запасы которых, как правило, не превышают 120 кг. Глубина залегания золотоносного пласта изменяется от 1,5 до 20 м и более, а его мощность редко превышает 3 м, составляя в среднем 2,3 м. Каждое третье месторождение характеризуется мелким (тонким) золотом, где более 50 % золотинок имеют размер менее 0,5 мм. Велика доля залежей, у которых золотоносный пласт содержит большое количество глинистого материала. Так, на месторождении р. Колчан (Хабаровский край) содержание глины на отдельных участках достигает 60 %.

Для отработки большинства месторождений применяется отдельный гидромеханизированный способ с традиционной и практически неизменной в течение последних 30 лет технологией промывки и обога-

щения песков на промывочных приборах ПГШ-II-50 со шлюзами глубокого и мелкого наполнения. Обогащение на них эффективно для крупного золота, но малопригодно для мелких классов крупности (менее 0,25 мм). Так, золото крупностью  $-0,25+0,1$  мм извлекается на 40–50 %, а частицы мельче 0,1 мм практически не улавливаются. Окончательная доводка концентратов производится на шлихообогатительных установках (ШОУ) с развитой технологией извлечения металла.

Подводным (дражным) способом обрабатывается не более 10 % месторождений, в основном в Амурской области. Дrajный флот представлен главным образом 250-литровыми драгами, как правило, устаревшей конструкции. Эксплуатируются также две драги с вместимостью черпаков 380 л и одна 50-литровая драга блочного типа.

Анализ проектной документации и материалов годовых планов развития горных работ показывает, что применяемые в настоящее время технологии добычи золота из россыпей далеко не всегда обеспечивают необходимые полноту и качество обработки запасов полезного ископаемого. Некоторые недропользователи, ссылаясь на экономические проблемы, промывку золотоносных песков ведут на шлюзовых приборах ПГШ-II-50, не оборудованных шлюзами мелкого наполнения (ШМН), тем самым на 25–30 % увеличивая величину потерь полезного ископаемого. Многие реализуемые на практике проектные решения являются неэффективными, в них не в полной мере учитываются технологические возможности применяемого оборудования и аппаратов и соответствие схемы обогащения гранулометрическому составу песков и полезного ископаемого, а также наличие глинистых фракций в промываемых породах, что негативно влияет на полноту обработки месторождений и степень извлечения металла. Так, в частности, только отсутствие возможностей для регулирования количества поступающей на шлюзы воды приводит к увеличению соотношения Т:Ж до

1:(20÷25), что существенно (на 20–25 %) повышает потери золота мелких классов крупности.

В связи с этим чрезвычайно важно иметь надежные критерии для оценки эффективности принятой технологии и ее соответствия конкретным горно-геологическим условиям разработки месторождения с позиций полноты и качества освоения недр. При разработке россыпей таким критерием могла бы являться величина технологических потерь полезных ископаемых при добыче, порядок определения и учета которых имеет ряд существенных особенностей.

Одной из таких особенностей (и одновременно проблем) является отсутствие до настоящего времени единой утвержденной методики оценки технологических потерь золота из россыпей. В настоящее время в качестве базовой применяется методика ВНИИ-1 (1975 г.), в основу которой положены данные ситовой характеристики золота в исходных песках и нормативные коэффициенты извлечения золота по классам крупности на определенных типах промывочных приборов [5]. Эта методика дает хорошие результаты для россыпных месторождений Северо-Востока, характеризующихся, как правило, крупным золотом, и оказывается значительно менее эффективной при расчетах потерь для месторождений с преобладанием тонкого золота. Кроме того, она совершенно не учитывает глинистость песков, форму зерен металла, наличие самородков и ряд других важных факторов. В методике оценки технологических потерь золота, доработанной ВНИИ-1 в 2004 г., отсутствуют расчетные коэффициенты извлечения золота на шлюзах мелкого наполнения для наиболее широко применяемых приборов ПГШ-II-50 [6]. Кроме указанных методик ВНИИ-1, для определения технологических потерь золота в отдельных случаях применяются официально не утвержденные методические подходы и графики извлечения золота, разработанные ЦНИГРИ и ОАО «Иргиредмет». Сложившаяся ситуация, при которой отсутствует

единая, отвечающая современным требованиям методика нормирования технологических потерь золота из россыпных месторождений, не может считаться нормальной.

Вторая важная особенность сложившегося порядка нормирования технологических потерь связана с тем, что при их расчете используются данные ситовой характеристики золота в песках, полученные на стадии разведки месторождения. Вместе с тем в процессе эксплуатации месторождений происходит уточнение исходных данных, но их фактические значения принимаются недропользователями в расчет только в том случае, когда можно повысить величину плановых потерь и получить соответствующие налоговые вычеты. В иных случаях продолжают оперировать данными потерь, установленными на стадии проектирования, из года в год представляя одни и те же величины вместо уточненных по данным ситового анализа извлекаемого на промприборах золота с учетом металла, теряемого в отходах обогащения. Некоторые недропользователи в расчетах технологических потерь используют данные ситового анализа золота, выполненного на основе расстановки добытого (кассового) золота, что существенно искажает показатели полноты извлечения.

Для получения реальной картины качества обработки месторождения и эффективности применяемых технологий обогащения золотоносных песков необходимо проведение ежегодного квалифицированного, в том числе независимого, опробования текущих хвостов галечных и эфельных фракций на каждой приборостоянке с оформлением сводного журнала опробования. При этом должны применяться специальные пробоотборники и современные методики отбора и обработки проб. Результаты независимого опробования и обработки проб на более высоком технологическом, по сравнению с лотком, уровне позволят разработать конкретные рекомендации по совершенствованию технологии обогащения песков и рациональному исполь-

зованию недр в конкретных горно-геологических условиях. Эти данные должны стать основой для создания более полной (с точки зрения количества исследованного обоганительного оборудования) и достоверной методики определения технологических потерь золота при разработке россыпных месторождений.

Для снижения уровня потерь полезного ископаемого необходимо более широкое применение в золотодобывающей отрасли научно обоснованных технологий, современных приборов и оборудования для добычи и обогащения песков, максимально отвечающих условиям разработки месторождений. Как показывает практика, внедрение инноваций в горное производство обеспечивает существенно более высокие экономические показатели даже при освоении месторождений, характеризующихся весьма сложными горно-геологическими условиями.

Положительным примером на фоне массового использования простейших гравитационных приборов ПГШ-II-50 является внедрение нетрадиционных технологий обогащения песков с мелким и тонким золотом (МТЗ) при минимальных удельных энергозатратах. Так, при разработке золотороссыпных месторождений Амурской области старательские артели «Рассвет» и «Озерная» применяют промывочные приборы на базе комплектной обоганительной установки КОУ-1200 («Ромашка») с развернутой технологической схемой извлечения золота (рис. 1). Крупное золото и самородки улавливаются на двух шлюзах глубокого наполнения. Подрешетный продукт колосникового грохота крупностью 5–7 мм поступает на шлюзы мелкого наполнения с распределением пульпы на 24 радиальных шлюза. Извлечение мелкого золота крупностью до 20–50 мкм на установке «Ромашка» обеспечивается высокой площадью улавливания шлюзов, равномерным распределением по ним пульпы и оптимальным гидродинамическим режимом. Съем-

ка шлюзового концентрата ведется без остановки работы прибора, смыв концентрата осуществляется в шлюзовоз или в приемный бункер полевой доводочной установки.

Имеется также положительный опыт применения таких достаточно эффективных промывочных приборов, как бочечно-шлюзовой прибор ПБШ-40 и прибор на базе грохота ГГМ-30, которые по сравнению с прибором ПГШ имеют большую производительность, меньшие затраты на перестановку и высокую степень извлечения золота при более низкой энергоемкости промывки (рис. 2).

Для снижения технологических потерь при использовании приборов ПГШ-II-50 разработаны грохоты с многокамерным поддоном (с более высоким КПД, чем у плоских грохот-



Рис. 1. Обогатительная установка КОУ-1200 («Ромашка»)



Рис. 2. Промывочный прибор ПБШ-40 (ЗАО «Хэргу», Амурская область)



Рис. 3. Промывочный прибор ПГШ-II-50 с многокамерным поддоном (ОАО старателей «Дальневосточные ресурсы», Хабаровский край)

тов), каждая секция которого имеет регулируемое устройство для питания шлюзов мелкого наполнения (рис. 3).

Проблема эффективного извлечения мелкого и тонкого золота при освоении техногенных и глубоководных россыпей может решаться и в процессе доводки шлюзовых и отсадочных концентратов драг и промприборов.

На промывке песков с высоким содержанием глинистой составляющей эффективно применение способов дополнительной дезинтеграции пород за счет установки центробежных дезинтеграторов и использования методов промораживания песков в отвалах в зимний период, а также повторной промывки галечных и эфельных хвостов обогащения. Снизить потери золота на промывочных приборах также позволяет создание оптимальных режимов работы технологического оборудования. Так, на промывочном приборе «Парус» (ИГД ДВО РАН) в результате совершенствования конструкции гидрогрохотов на шлюзах мелкого наполнения достигнуто извлечение золота по общей массе большее, чем на шлюзах глубокого наполнения, включая значительную долю мелкого золота (рис. 4). В ИГД ДВО РАН разработан способ повышения эффективности доводочных операций на ШОУ приисков на основе технологии предварительной обработки концентрата экологически чистым реагентом.

При дражной разработке остаточных запасов природно-техногенных россыпных месторождений обоганительный комплекс на некоторых драгах (ОАО «Прииск Соловьевский», Амурская область) заменяется технологией обогащения золотосодержащих песков на отсадочных машинах. В этом случае в черновой концентрат поступает значительное количество (до 20–30 %) мелкого и тонкого золота, при доводке которого на существующем оборудовании в ШОУ неизбежны значительные потери. Установлено,

что величину потерь этих фракций золота можно уменьшить путем предварительной обработки концентрата экологически безвредными реагентами [7–9].

Эффективность реагентной технологии обеспечивается за счет создания на поверхности частиц золота слоя из адсорбированных молекул реагента, способных с ними взаимодействовать. При контакте золотосодержащего сырья с реагентом происходит электрохимический процесс возникновения двойного электрического слоя между раствором и твердыми частицами золота, ионами реагента и ионами воды. В результате происходит взаимодействие частиц золота со средой, частицы золота практически освобождаются от различных покрытий, при этом пластинчатые и тонкочешуйчатые формы смачиваются водой и хорошо улавливаются гравитационными аппаратами. Особенность выполнения опытно-промышленных испытаний реагента заключается в том, что обработке реагентом подвергались не хвосты доводки концентрата в ШОУ, а непосредственно концентрат, т. е. минеральная горная масса, включающая весь комплекс полезных компонентов и вмещающих пород. Повышение извлечения золота при реагентной обработке концентрата позволяет получить дополнительно от 3,2 до 5 % золота за счет изменения свойств его поверхности и снижения потерь с магнитными хвостами доводки.

Вовлечение в разработку малообъемных россыпных месторождений экономически оправдано при использовании мини-драг малой производительности (до 100–150 тыс. м<sup>3</sup> в год). Одна из таких драг российского производства показана на рис. 5. Мини-драги блочного типа после отработки одного россыпного объекта могут быть в течение 1–2 мес перемещены и смонтированы на новом месторождении. С их использованием можно разраба-



Рис. 4. Промывочный прибор «Парус» с промежуточным удалением галечных хвостов промывки

тывать талые пески крепостью не выше IV категории, более прочные и многолетнемерзлые породы требуют предварительной подготовки. При разработке техногенных россыпных месторождений, отработанных ранее крупнолитражными драгами, рентабельная эксплуатация черпаковых мини-драг возможна после реструктуризации отвального комплекса, предусматривающей удаление некондиционной горной массы и механическое рыхление крепких пород приплотиковой зоны [10].

Использование относительно недорогих и мобильных блочно-модульных драг предоставляет недропользователям возможность значительно повысить доходность своего бизнеса и расширить сырьевую базу путем освоения нерентабельных для раздельного способа разработки россыпных объектов. Можно предположить, что в условиях мирового кризиса в связи с ростом цены на зо-

лото разработка оставшихся малообъемных россыпных месторождений с низким качеством песков будет расширяться, и для этого имеются необходимое технологическое оборудование и современные технологии.

В целом анализ состояния золотодобычи из россыпей юга Дальнего Востока, выполненный по результатам экспертизы нормативов потерь полезных ископаемых, позволил выявить ряд технологических, технических и организационных проблем, решение которых позволит значительно повысить эффективность освоения месторождений и обеспечить необходимую полноту извлечения полезных ископаемых из недр.

## Выводы

1. Современная сырьевая база россыпной золотодобычи Дальнего Востока представлена в основном мелкими и средними по запасам горной массы и металла месторождениями, многие из которых характеризуются сложными горно-геологическими условиями и наличием мелкого и тонкого золота. Однако перспективы Дальневосточного региона России в расширении минерально-сырьевой базы оцениваются высоко, в том числе за счет вовлечения в эксплуатацию глубокозалегающих и техногенных россыпных месторождений.

2. Для разработки месторождений в большинстве случаев применяются традиционные технологии, часто не в полной мере соответствующие условиям эксплуатации залежей, что связано с низкой квалификацией проектных организаций и отсутствием реальной картины полноты извлечения полезного ископаемого. Сложившаяся ранее практика нормирования и учета потерь и действующее законодательство в области охраны недр слабо стимулируют недропользователей к внедрению новых ресурсосберегающих технологий, повышающих качество отработки месторождений.

3. В настоящее время отсутст-



Рис. 5. 50-литровая мини-драга на россыпи р. Харга (Амурская область)

вуют единая, отвечающая современным требованиям методика нормирования технологических потерь золота из россыпных месторождений, учитывающая основные факторы, влияющие на извлечение полезного ископаемого, и современное добычное и обогащательное оборудование. Определенные в проектах нормы потерь должны уточняться при эксплуатации путем регулярного и независимого опробования.

4. Повышение эффективности, полноты и качества освоения недр в золотодобывающей отрасли, особенно в условиях ухудшения качественного состава природных россыпей, возможно на основе более широкого применения научно обоснованных технологий, современных приборов и оборудования для добычи и обогащения золотоносных песков, максимально отвечающих условиям разработки конкретных месторождений. ■■■

#### Analysis of the state-of-the art of placer gold mining in the southern part of the Far East based on the results of the audit of mineral loss standards

*I. Yu. Rasskazov, G. P. Ponomarchuk,  
V. S. Litvintsev, V. A. Kravtsov*

Based on the results of the audit of mineral loss standards the authors present their estimates of the state-of-the art of reserves and resources of the placer gold mining sector in the Far East. The article highlights some technological, technical and organizational problems suppressing the efficient development of placer deposits. The authors propose the ways for the enhancement of the efficiency, more complete and higher quality development of deposits in the gold mining sector on the basis of the broader application of scientifically grounded technologies, modern instruments and equipment for auriferous gravel mining and processing.

**Key words:** Far East, placer gold deposits, technogenic deposits, placer gold mining, mineral loss standards, loss audit, conventional mining technologies, innovations.



#### Список литературы = References

1. Мигачев И. Ф., Кривцов А. И. Начальный потенциал и перспективы россыпной золотоносности Российской Федерации // Минеральные ресурсы. 1998. № 3. С. 11–15. = I. F. Migachev, A. I. Krivtsov. The original potential and prospects of gold-bearing capacity of placer deposits in the Russian Federation // Mineralnye Resursy. 1998, № 3, pp. 11–15 (in Russian).
2. Беневольский Б. И., Шевцов Т. П. О потенциале техногенных россыпей золота Российской Федерации // Минеральные ресурсы. 2000. № 1. С. 14–18. = B. I. Benevolsky, T. P. Shevtsov. About the potential of technogenic gold placer deposits in the Russian Federation // Mineralnye Resursy. 2000, № 1, pp. 14–18 (in Russian).
3. Емельянов В. И., Гудовичев В. В. Основные направления развития россыпной золотодобычи в Российской Федерации // Открытые горные работы. 2000. № 2. С. 28–31. = V. I. Emelianov, V. V. Gudovichev. Principal guidelines for the development of placer gold mining in the Russian Federation // Otkrytye Gornye Raboty. 2000, № 2, pp. 28–31 (in Russian).
4. Мирзеханов Г. С., Мирзеханова З. Г. Ресурсный потенциал техногенных образований отработанных россыпей // Горный журнал. 2005. № 1. С. 37–43. = G. S. Mirzekhanov, Z. G. Mirzekhanova. Resource potential of technogenic formations of exhausted placer deposits // Gornyi Zhurnal, 2005, № 1, pp. 37–43 (in Russian).
5. Практическое руководство по эксплуатации промывочных, шлихообогащательных установок и шлихообогащательных фабрик. Магадан: ВНИИ-1, 1975. = Primary gold concentrate preparation plants: Operation Manuals. Magadan: VNII-1, 1975 (in Russian).
6. Инструкция по нормированию технологических потерь золота при промывке золотосодержащих песков на промывочных приборах. Магадан, 2004. = Guide to the rate setting of technological losses of gold in the process of auriferous gravel washing. Magadan, 2004 (in Russian).
7. Способ извлечения золота мелких и дисперсных фракций из хвостов физико-химическими методами / Ю. А. Мамаев [и др.] // Обогащение руд. 2003. № 4. С. 15–17. = Technology of fine and disperse gold fraction recovery from tailings by physical and chemical methods / Yu. A. Mamaev [et al.] // Obogashcheniye Rud. 2003. № 4, pp. 15–17 (in Russian).
8. Извлечение тонкого золота из высокоглинистых россыпей с применением физико-химического метода / В. С. Литвинцев [и др.] // Горный журнал. 2006. № 4. С. 68–70. = Fine gold recovery from high-clay placers by physical-chemical method / V. S. Litvintsev [et al.] // Gornyi Zhurnal, 2006, № 4, pp. 68–70 (in Russian).
9. Способ доводки черновых золотосодержащих концентратов: пат. 2287596 Рос. Федерация; опубл. 20.11.06. Бюл. № 32. = Method of final concentration for rough gold concentrates: Patent № 2287596 of the Russian Federation. Published: 20/11/06. Bull. № 32 (in Russian).
10. Пonomarchuk Г. П., Серый П. С., Сас П. П. Повторная разработка крупномасштабных россыпей на основе реструктуризации отвального комплекса 250-литровых драг // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № 160В. С. 196–203. = G. P. Ponomarchuk, R. S. Seryi, P. P. Sas. Re-development of large placers based on the restructuring of dumping systems of 250-l dredges. // Gornyi Information and Analysis Bulletin. 2007, № 160В, pp. 196–203 (in Russian).