

УДК 622.342.1.037

ТЕХНОГЕННЫЕ РОССЫПИ ЗОЛОТА СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ: ПОИСК ПУТЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО ОСВОЕНИЯ

О. Н. Ярошенко

*Магаданский институт экономики Санкт-Петербургской академии управления и экономики
E-mail: info@ime.kolyma.ru*

Рассмотрены особенности разработки техногенных россыпей золота. По литературным источникам выполнен анализ предложений и рекомендаций специалистов в направлении повышения эффективности освоения ТР. Обозначены задачи, которые предстоит решить для достижения указанной цели. Предложено применить оригинальную технологию, содержащую элементы геотехнологии. В качестве технических средств рекомендуется использовать скреперно-гребковый отвально-обогащительный комплекс, конструкция которого содержит два изобретения, подтвержденных патентами РФ. В результате существенно возрастет производительность труда при разработке ТР, снизится энергоемкость основных и вспомогательных процессов, повысится извлечение золота, снизится себестоимость его добычи в 1,5–2 раза. В итоге решение поставленной проблемы будет способствовать сохранению роли россыпной золотодобычи в экономике Магаданской области в течение длительного периода.

Ключевые слова: золото, золотодобыча, техногенные россыпи, эффективное освоение, технические средства, технологический процесс, геотехнология, гравитационное обогащение, гребковое устройство, отвально-обогащительный комплекс, снижение себестоимости.

Анализ многолетней практики россыпной золотодобычи в Магаданской области и соответствующих литературных источников позволяет сделать вывод, что техногенные россыпи (ТР) становятся все более существенным источником добычи россыпного золота на территории области. Запасы золота в них, по разным оценкам, составляют от 450 до 1000 т и более, тогда как запасы целиковых россыпей все более истощаются.

Вместе с тем установлено, что ТР являются весьма сложным объектом для эксплуатации, поскольку при первичной и последующих отработках на все многообразие природных особенностей целиковых россыпей накладывается множество факторов техногенного характера (Прусс и др., 1999; Кавчик, 2000).

К важнейшим особенностям ТР, кроме упомянутой чрезвычайной сложности их строения, относятся следующие:

низкий уровень средних содержаний золота в горной массе при постоянном и неуклонном его снижении под влиянием выборочной отработки более богатых участков;

в сравнении с целиковыми россыпями в ТР выше доля трудноизвлекаемого золота, представленного мелкими, тонкими, пластинчатыми, чешуйчатыми частицами, а также самородками и золото-кварцевыми агрегатами;

невозможность в большинстве случаев селективной отработки ТР, а значит, необходимость промывки всей горной массы россыпи, что ведет к удорожанию работ, поскольку промывка явля-

ется наиболее дорогостоящим процессом. Так, многолетней практикой установлено, что при раздельном способе разработки россыпей отношение затрат на вскрышные работы к затратам на добычу и промывку песков составляет около 1:1 при среднем отношении их физических объемов приблизительно 3:1;

в целом, если рассматривать ТР как объект сплошной отработки, для них характерны более благоприятные условия разработки и добычи горной массы, проведения ГПР и строительства ГТС, поскольку грунты, слагающие ТР, ранее уже подвергались разработке, многолетняя мерзлота сохранилась лишь на отдельных участках, чаще всего отсутствует высокая обводненность, вызываемая высокой льдистостью песков первичных россыпей. Однако при селективной отработке (если сплошная нерентабельна) условия работ существенно усложняются;

более благоприятные условия промывки горной массы в сравнении с целиковыми россыпями, так как обогащаемый материал гораздо легче поддается повторной дезинтеграции.

Важность эксплуатации ТР для экономики области и рост себестоимости добываемого из них золота, по мнению ряда специалистов, требуют системного подхода к их освоению. Такой подход должен включать разработку следующих систем: систему изучения геологических, экономических, горнотехнических и других особенностей ТР, систему накопления и хранения различных видов информации о них, систему сохранения ТР, новые системы машин, способов и технологий разработки ТР, системы организации производства

и подготовки кадров (Мамаев, 1997; Хайдакин, 2002).

Нет сомнения, что наиболее сложной и трудоемкой задачей является создание эффективной техники и технологии добычи золота из ТР. Перечень основных принципов, которыми рекомендуется руководствоваться при их создании, приведен в работе (Мамаев, 1997). Этот объемный и достаточно полный перечень включает экономические, организационно-технологические, эколого-технологические и социально-правовые принципы. Из них нами выделен ряд принципов, оказывающих решающее влияние на экономические показатели добычи золота из ТР: концентрация горных работ, кратное увеличение добычи и промывки горной массы (в том числе за счет сплошной отработки ТР), создание циклично-поточных, энерго- и материалосберегающих технологий, максимальное использование внутреннего отвалообразования, полнота и комплексность извлечения золота и других полезных компонентов.

В другой работе, в части создания эффективных промывочных установок, отмечены такие принципы, как максимально возможная простота конструкции, мобильность, невысокая стоимость. При этом автор рекомендует использовать только механическую загрузку песков, обеспечить максимальное приближение уровня загрузки установки песками к уровню земной поверхности и минимум перекачек и транспортировок продуктов между обогатительными аппаратами установки, а в основе конструкции установок шире использовать различные расчалки, подвески и т. п. (Лесков, 1997).

Перечисленные принципы необходимо дополнить известными общими принципами развития техники и технологии, имеющими отношение к данной проблеме: увеличение единичной мощности исполнительных механизмов при уменьшении общего количества машин и их разнотипности, внедрение контрольно-измерительных приборов, автоматизация технологических процессов, замена дискретных технологических процессов комбинированными, а комбинированных – непрерывными.

Задача снижения энергоемкости процессов добычи золота из россыпей всегда считалась одной из важнейших. Еще несколько десятилетий назад известный конструктор промывочных приборов, д. т. н. Е. И. Богданов (1978) с помощью технико-экономических расчетов и конструкторских разработок убедительно доказал значительно более высокую экономичность механических процессов и устройств в сравнении с гидравлическими, причем не только при использовании их на подаче песков и уборке хвостов промывки, но и непосредственно в обогатительном процессе. Позднее существенное снижение энергоемкости промывки песков было получено в результате внедрения разработанных ММЗ промывочных приборов на базе гидромеханических грохотов ГГМ-3 и ГГМ-5 (Бабий, Приволоцкий, 2002). Возмож-

ные направления развития энергосберегающих технологий при разработке ТР показаны в работе (Ярошенко, 2003).

В области совершенствования организации горных работ, кроме их концентрации, важными требованиями являются такие, как максимально возможное сокращение расстояния транспортирования добытой горной массы к промприбору, увеличение объемов промывки на одной приборостоянке при условии организации эффективного удаления хвостов обогащения (Емельянов, 1976; Богданов, 1978; Бабий, Приволоцкий, 2002; Ярошенко, 2003).

В области совершенствования процессов обогащения имеются рекомендации, направленные не только на повышение извлечения золота (Богданов, 1978; Лавров, Миленцев, 1997; Макурин, Прейс, 2002; Межев, 2003; Прейс, Фишман, 2003; Ярошенко, 2003; Мильков, 2003), но и на изменение требований к получаемому с промприбора конечному продукту: съем золото-содержащего концентрата в полном объеме в целях его переработки в стационарных условиях (Хайдакин, 2002) или попутное извлечение сульфидов для последующего извлечения из них связанного золота (Лавров, Миленцев, 1997).

Таким образом, освоение ТР зависит от решения следующих задач:

кратного повышения производительности применяемых технических средств и технологических процессов при сохранении достаточно высокой мобильности обогатительного и вспомогательного оборудования;

снижения энергоемкости основных и вспомогательных процессов и затрат живого труда; повышения извлечения золота, комплексного использования минерального сырья.

Заметим, что перечисленные задачи находятся в диалектическом единстве и противоречии по отношению друг к другу. Так, повышение производительности обогатительного оборудования обычно вызывает увеличение его массы, что снижает мобильность промприбора. Повышение извлечения золота требует применения развитой технологической схемы обогащения в виде комплекса обогатительных аппаратов с высокой степенью механизации и интенсификации процессов обогащения (мультиклассификация, наложение пульсаций, вибраций, центробежных, магнитных, электромагнитных и других полей, механизация сполоска и повышение его частоты или непрерывное выведение концентрата из зоны разделения и т. п.). Однако такой комплекс плохо вписывается в крайне тяжелые условия эксплуатации, характерные для россыпных полигонов, и отличается повышенным потреблением энергии. В случае высокой производительности такой комплекс не будет обладать необходимой мобильностью, и наоборот. Кроме того, он будет иметь высокую стоимость и потребует для обслуживания высококвалифицированных ИТР и рабочих, что приведет к росту себестоимости добываемого золота. Приведен-

ные соображения подтверждаются мнением, что «для увеличения добычи золота из россыпей, тем более техногенных, и улучшения ее качественных показателей сегодня нет и не может быть простых и дешевых технических решений» (Прейс, Фишман, 2003).

В целом напрашивается вывод, что в процессе эволюционного развития (так или иначе идущего по пути усложнения) техника и технология россыпной золотодобычи приблизились к такому пределу, что недалек тот момент, когда дальнейшие затраты на их совершенствование перестанут окупаться. В условиях непрерывного снижения содержания золота в россыпях это приведет к тому, что добыча его станет полностью нерентабельной. Каков же выход?

История развития индустриальной цивилизации свидетельствует, что в таких случаях эволюционный путь технологического развития должен быть заменен революционными преобразованиями. Это означает, что должны быть изысканы или разработаны технологии, принципиально отличающиеся от традиционно применяемых. Действительно, вся предшествующая история технологии может быть представлена как последовательная замена одних базовых технологий другими: механическую технологию сменяет физическая, затем – химическая и после – биотехнология. Происходят, как показывает изучение истории технологического развития, достаточно крупные революционные преобразования и в рамках одной базовой технологии, например в той же механической.

В области добычи минерального сырья в последние десятилетия наметилась целая ветвь новых технологий, объединенных общим названием «геотехнология», позволяющих в ряде случаев сделать рентабельной добычу бедного сырья. Сущность геотехнологии заключается в переработке горной массы на месте ее залегания с одновременным извлечением полезных компонентов или в переводе полезного ископаемого в подвижное состояние с извлечением полезных компонентов уже в условиях земной поверхности. В связи с большим разнообразием видов полезных ископаемых и их свойств геотехнология использует многие методы, входящие в арсенал всех названных выше базовых технологий (Аренс, 1975).

Для отработки россыпей Северо-Востока по ряду причин (в основном природного характера) геотехнологических способов не разработано, хотя в 80-е гг. прошлого столетия во ВНИИ-1 проводились поисково-экспериментальные работы по скважинной гидродобыче россыпного золота. В то же время при внимательном рассмотрении мы можем выявить отдельные элементы геотехнологии в известных применяемых или применявшихся ранее, в том числе и для разработки ТР, технологиях. Примерами являются гидравлический способ, дражный (особенно с предварительной тепловой подготовкой) и в какой-то мере технология предварительной концентрации, пред-

ложенная ИГД СО РАН для россыпи р. Б. Куранах, отличающейся высокой глинистостью песков и особо мелким золотом. Эта технология включает две операции: гидравлическую сортировку песков, осуществляемую в непосредственной близости от места их добычи, с отделением золото-содержащей гравийно-галечной фракции для отправки ее на обогатительную фабрику; естественное разделение оставшейся пульпы по плотности на две части: мелкий осадок с тонким золотом, накапливающийся в промежуточном отстойнике, и глинистую пульпу, самотеком уходящую в слив. Осадок с тонким золотом является промпродуктом, также пригодным для извлечения этого металла. В результате на 30–50% уменьшается объем транспортирования горной массы и переработки ее на обогатительной фабрике (Бураков, Ермаков, 2002).

Использование углублений в естественном грунте для проведения операций обогащения является фактом достаточно известным, например промывка песков потоком воды в канавах (Шорохов, 1973). Нечто подобное предлагается применить и в данной работе в целях решения поставленной проблемы. При этом появляется возможность учесть основную часть изложенных выше рекомендаций специалистов и принципов, которыми необходимо руководствоваться при создании эффективной техники и технологии.

Рекомендуемая технология заключается в проведении первой стадии обогащения непосредственно на обрабатываемой площади – в канавах, заполненных водой и расположенных таким образом, чтобы бульдозерную загрузку горной массы в них можно было осуществлять в центральной части полигона (см. рисунок).

Обогащение предлагается выполнять с использованием нового способа гравитационного обогащения руд и устройства для его осуществления (Ярошенко, 1999). Такое устройство представляет собой серию наклонных гребков, установленных на определенной высоте над дном канавы и перемещающих обогащаемый материал от одного конца канавы к другому. В ходе этого процесса каждый гребок подрезает лежащую на дне канавы горную массу, создавая перед собой призму волочения, материал которой постоянно обновляется, переваливаясь через заднюю (верхнюю) кромку гребка и отставая от него. При этом материал дезинтегрируется и перемешивается с водой, образуя довольно плотную пульпу, которая под воздействием движущихся гребков турбулизуется благодаря разрежению, возникающему позади гребков и под ними. Принудительная турбулизация способствует лучшему осаждению частиц золота и других рудных минералов в естественной постели из минеральных зерен, формирующейся на дне канавы и лежащей ниже уровня движения передней (нижней) кромки гребков. В результате материал, перемещаемый вдоль канавы, оставляет рудные частицы на ее дне и вместе с загрязненной водой выдвигается все теми же гребками в промежуточный отвал. Движение

гребков может быть возвратно-поступательным (циклическим) или непрерывным, если гребковое устройство выполнено в виде конвейера. Поступление свежей воды для промывки осуществляется из отстойника самотеком по водоподводящей канаве без применения насоса, который является самым энергоемким узлом современных промприборов.

Такой процесс гравитационного разделения минералов основан на принципе пробуртки и одновременно близок к процессу, происходящему на шлюзе, однако он имеет и ряд важных отличий. Так, движение гребков, подрезающих обогащаемый материал, создает благоприятные условия для более эффективного стесненного, а не свободного (как на шлюзе) осаждения частиц высокой плотности, чему способствует и принудительная турбулизация пульпы. Удаление загрязненной воды из канавы, которое выполняется выталкивающим воздействием призмы волочения, формирующейся у переднего гребка, происходит в виде спокойного, почти ламинарного потока, не содержащего обломочных частиц.

Концентрат, накапливающийся на дне канавы и имеющий объем около 1–2% от объема промытой горной массы при содержании золота 10–20 г/м³, периодически извлекается механизированным способом и направляется на вторую стадию обогащения, которая может выполняться в достаточно компактном передвижном гребковом концентраторе.

Таким образом, основной задачей первой стадии обогащения, выполняемой в канаве, будет являться переработка максимально возможных объемов горной массы с целенаправленным получением большого объема концентрата (до 40 м³), что вместе со значительной площадью эффективной улавливающей поверхности (более 100 м²) будет способствовать более полному извлечению полезных компонентов. Задачей же последующих стадий обогащения станет наиболее полное извлечение полезных компонентов из первичного концентрата, объем которого позволит использовать развитую схему обогащения, включающую самые современные обогатительные аппараты.

В целях удвоения производительности и экономии энергии обогащение следует выполнять сразу в двух расходящихся под углом канавах, а для удаления и складирования хвостов обогащения в отвалы обе серии гребков можно объединить в одну систему с канатным скреперным устройством. Указанное устройство является модификацией башенного экскаватора, особенность которого заключается в возможности автоматизировать рабочий процесс (Ярошенко, 2005). Данная модификация включает однобарабанную лебедку, установленную в передвижном здании, два ковша и три передвижные опоры для тягового каната: одну головную и две хвостовые. Тяговый канат, замкнутый через блоки головной опоры, объединяет все названные элементы скреперного

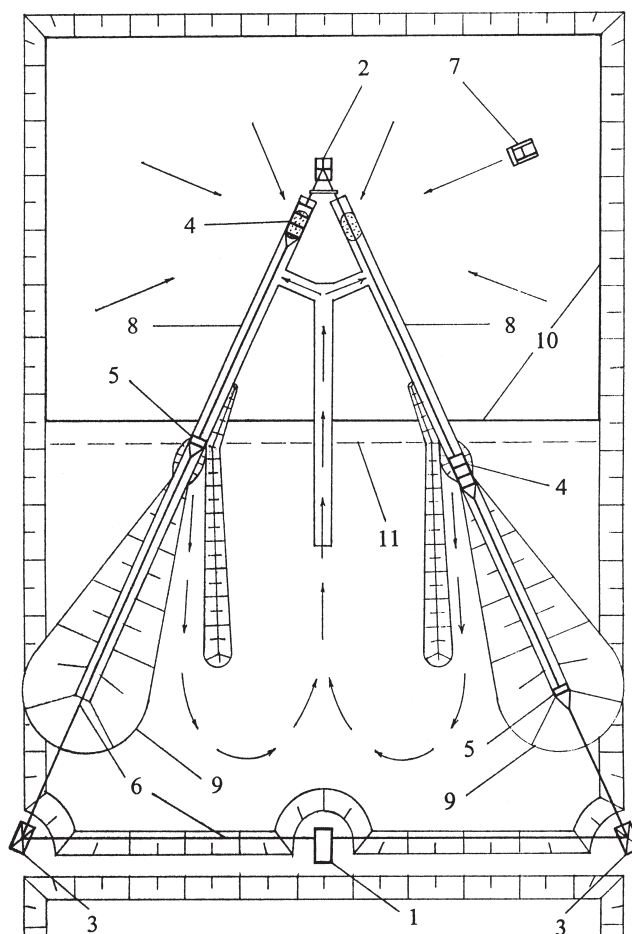


Схема отработки полигона с применением скреперно-гребкового отвально-обогатительного комплекса: 1 – лебедка; 2 – головная опора; 3 – хвостовая опора; 4 – серия гребков; 5 – скреперный ковш; 6 – тяговый канат; 7 – бульдозер; 8 – канава; 9 – отвал хвостов промывки; 10 – контур отработываемого полигона; 11 – верхняя граница отстойника

Placer Gold Mining Chart (using a drag scraper-based dressing unit): 1 – scraper winch; 2 – the head support; 3 – the rear support; 4 – a set of rakes; 5 – scraper bowl; 6 – haulage rope; 7 – bulldozer; 8 – trench; 9 – post-washing tailings; 10 – the area limits; 11 – the upper limit of the tailing pond

устройства и обе серии гребков в единый циклично работающий отвально-обогатительный комплекс. Переключение направления вращения барабана лебедки этого комплекса вместе с изменением направления движения гребков и ковшей может выполняться автоматически.

Предложенный комплекс, таким образом, не только осуществляет обогащение горной массы, но и формирует в выработанном пространстве два отвала из хвостов промывки. С учетом работы бульдозера, выполняющего разработку и подачу горной массы на промывку, такую технологию можно назвать циклической. Но в принципе дискретный процесс обогащения горной массы с циклично работающим гребковым устройством может быть заменен непрерывным процессом при использовании гребкового устрой-

ства конвейерного типа; тогда цикличная технология будет преобразована в циклично-поточную. Возможен и ряд других вариантов применения гребковых обогатительных устройств в сочетании со скреперно-экскаваторными установками.

Технические средства, входящие в состав отвально-обогатительного комплекса, достаточно просты и относительно дешевы. Их модели, макеты и экспериментальные образцы, хотя и испытывались в натуральных условиях, но в недостаточном объеме, поэтому до внедрения в производство необходимо разработать опытные образцы такого оборудования и провести их испытания в производственных условиях с определением оптимальных режимов работы комплекса и важнейших параметров технологии.

Основные параметры технологии сплошной отработки ТР предположительно будут оптимальными при размерах полигона 100 × 70 м, длине концентрационной части канав и отвалов по 50 м, среднем расстоянии перемещения горной массы бульдозером 30 м.

Внедрение предлагаемой к разработке техники и технологии позволит существенно снизить себестоимость добычи золота из ТР. При этом основными факторами снижения себестоимости станут:

уменьшение приблизительно в 2 раза расстояния подачи горной массы на промывку, благодаря чему пропорционально сократится потребность в бульдозерах на этот вид работ;

сокращение затрат машинного времени бульдозера на удаление хвостов промывки;

снижение расхода энергии на промывку от 1,5 до 8 раз (в зависимости от типа заменяемого прибора) за счет применения безнасосной промывки;

возможность роста производительности работ за счет увеличения единичной мощности исполнительных механизмов без увеличения численности обслуживающего персонала;

автоматизация работы отвально-обогатительного комплекса;

снижение общей стоимости нового комплекса в 1,8–3 раза в сравнении со стоимостью применяемого промывочного оборудования аналогичной производительности;

повышение показателей извлечения золота при обогащении, комплексное использование минерального сырья;

добыча дополнительного количества металла за счет переработки отвалов торфов с низким его содержанием;

увеличение продолжительности промывочного сезона на 5–10 сут;

снижение потребления промывочной воды, что, кроме экономической выгоды, способствует снижению техногенной нагрузки на окружающую среду.

При применении рекомендуемой технологии потребуются дополнительные затраты на изготовление или приобретение передвижного концентратора для второй стадии обогащения и(или) на транспортировку концентрата и реконструкцию ШОФ.

ВЫВОДЫ

1. Весьма сложная проблема повышения эффективности эксплуатации ТР может быть решена только при условии коренных изменений в технике и технологии их отработки.

2. Таким решением может стать использование элементов геотехнологии, что в сочетании с применением простых и относительно недорогих технических средств в виде предложенного отвально-обогатительного комплекса может обеспечить высокую рентабельность добычи золота.

3. Повышение рентабельности добычи золота из ТР создаст возможности для вовлечения в эксплуатацию относительно бедных россыпей или их частей. Это улучшит состояние минерально-сырьевой базы и в итоге будет способствовать сохранению роли россыпной золотодобычи в экономике Магаданской области в течение длительного времени.

ЛИТЕРАТУРА

Аренс В. Ж. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых. – М.: Недра, 1975. – 264 с.

Бабий Ю. И., Приволоцкий А. А. Пути повышения эффективности отработки россыпных месторождений открытым способом // Колыма. – 2002. – № 2. – С. 21–26.

Бураков А. М., Ермаков С. А. Использование промежуточной классификации материалов в технологии добычи и переработки песков россыпных месторождений // Колыма. – 2002. – № 1. – С. 30–32.

Богданов Е. И. Оборудование для транспорта и промывки песков россыпей. – М.: Недра, 1978. – 240 с.

Емельянов В. И. Технология бульдозерной разработки вечномёрзлых россыпей. – М.: Недра, 1976. – 287 с.

Кавчик Б. К. Два подхода к техногенным россыпям // Колыма. – 2000. – № 3. – С. 14–16.

Лавров Н. П., Миленцев В. В. Оценка золотоносности отвальных хвостов промывочных установок и шлихообогатительных фабрик // Колыма. – 1997. – № 1. – С. 34–36.

Лесков М. И. О некоторых принципах рационализации конструкций модульных промывочных установок // Колыма. – 1997. – № 1. – С. 39–41.

Макурин В. Н., Прейс В. К. К методике извлечения тонкого, весьма мелкого и листовидного золота при разработке россыпей // Колыма. – 2002. – № 1. – С. 36–42.

Мамаев Ю. А. Концепция и научные принципы рационального освоения техногенных россыпей золота // Колыма. – 1997. – № 1. – С. 37–38.

Межов С. В. В центре внимания – новые технологии обогащения мелкого и тонкого золота // Колыма. – 2003. – № 1. – С. 53–57.

Мильков В. В. Проблемы извлечения пылевидного, амальгамированного и сульфидного золота // Колыма. – 2003. – № 2. – С. 38–40.

Прусс Ю. В., Пальмский Б. Ф., Шаповалов В. С. Техногенные россыпи: особенности формирования, строения и состава // Колыма. – 1999. – № 2. – С. 25–34.

Прейс В. К., Фишман Г. Л. Об извлечении золота из техногенных россыпей Центральной Колымы // Колыма. – 2003. – № 2. – С. 33–37.

Хайдакин Б. А. О системном подходе к освоению техногенного комплекса месторождений россыпного золота // Колыма. – 2002. – № 1. – С. 21–22.

Шорохов С. М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. – М.: Недра, 1973. – 768 с.

Ярошенко О. Н. Способ гравитационного обогащения руд и устройство для его осуществления // БИ. – 1999. – № 25.

Ярошенко О. Н. Возможные направления развития техники и технологии добычи золота из техногенных россыпей // Колыма. – 2003. – № 3. – С. 21–28.

Ярошенко О. Н. Башенный экскаватор // БИ. – 2005. – № 18.

Поступила в редакцию 18.07.2005 г.

INDUSTRIAL GOLD PLACERS IN NORTHEASTERN RUSSIA: SEARCHING FOR THEIR MOST EFFICIENT DEVELOPMENT

O. N. Yaroshenko

A mining technique for industrial (post-mined) placer gold (IP) is examined in this paper. The available published sources are analyzed by the author in order to make the best recommendations for the most efficient IP mining methods and the operating technique. Mining methods shall include using a drag scraper-based dressing unit, the design of which is underlain by two patented inventions. This new mining technique shall result in a greater labor efficiency, lower power use, higher gold extraction and 1.5–2 times lower production costs. Due to all this, production of placer gold shall preserve its economic significance in the industrial development of Magadan Region in future.

Key words: gold, gold production, industrial placers, an efficient development, mining equipment and instruments, technologic process, geologic technology, gravity separation, drag scraper unit, placer gold dressing unit, lower costs.