

МОДУЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОМЫВКИ ЗОПОТОНОСНЫХ РОССЫПЕЙ

**А.А. Солоденко¹, С.И. Евдокимов², Р.Н. Максимов³,
А.М. Паньшин⁴, Н.И. Семошина⁵**

Проблема извлечения золота из труднообогатимых россыпей, эфельных отвалов и текущих хвостов промывочных приборов становится с каждым годом все более актуальной. Это обусловлено истощением запасов россыпных месторождений и низкой эффективностью гидрошлюзовой технологии промывки золотосодержащих песков в связи с ухудшением их качества. Институтами ВНИИ-1, Иргиредмет и др. организациями разработаны различные варианты промывочных приборов для техногенного и труднообогатимого сырья, а также различные приставки к шлюзам глубокого наполнения.

Совершенствование технологии заключалось в дополнении или замене основных шлюзов отсадочными машинами, винтовыми сепараторами, центробежными концентраторами или подшлюзками разного типа. Таким образом, в технологии промывки песков используют не более двух методов сепарации минералов по плотности. По-видимому, для решения обозначенной проблемы этого недостаточно. Представляется целесообразным расширение используемых в одном промывочном приборе способов обогащения и разного их сочетания. В этой связи научно-производственным предприятием «Геос» (Северо-Кавказский горно-металлургический институт, г. Владикавказ) выполнены исследования и разработки по созданию сепарационных комплексов для промывки первичных россыпей, эфельных отвалов и текущих хвостов гидравлических шлюзов глубокого наполнения (ГН).

В результате первого этапа разработок создана одномодульная обогатительная установка, в которой на стадии первичной промывки песков применены одновременно четыре основные технологические операции (гидрошлюзовое обогащение, отсадка, концентрация на столах и центробежных сепараторах) и две вспомогательные (грохочение и гидро-

классификация). Все оборудование сепарационного комплекса смонтировано в единую трехэтажную конструкцию, установленную на сани. Габариты установки 9×8,5×5,5 м; масса 14 т. Описание установки, результаты промышленных испытаний подробно изложены в работах [1,2]. Достигнутые в ходе испытаний показатели подтвердили высокую эффективность промывки золотосодержащих песков с помощью разработанного комплекса: из бедных песков (эфелей), содержащих 150–200 мг/т золота, извлекалось более 70 % металла.

С учетом полученного опыта, на втором этапе исследований для повторной переработки россыпи создана двухмодульная опытно-промышленная установка. Распределение основного оборудования на двух независимых конструкциях, установленных на свои сани каждая, повысило мобильность сепарационного комплекса и упростило его сборку и монтаж на полигоне. Схема цепи обогатительных аппаратов комплекса, их выбор, расчет и компоновка выполнены на основе следующих соображений.

Техногенные россыпи представляют собой промытый песок, в котором золото сосредоточено в классах крупности менее 3 мм. Достаточно просто такой материал можно было бы промывать на орошаемых водой виброгрохотах. Однако практика показала невысокую эффективность такого способа подготовки песков к обогащению. Более предпочтительным представляется размыв эфелей гидромонитором на столе с перфорацией 50–70 мм и выделение гали крупнее 10–15 мм на колосниковом грохоте. Подрешетный продукт грохота целесообразно перерабатывать на отсадочных машинах с 2–3 миллиметровым ситом. При этом одновременно происходит выделение пустой породы (обогащение) и выделение мелкозернистого золотосодержащего материала (грохочение).

¹Солоденко А.А. – н.с. ООО «НПП Геос»

²Евдокимов С.И. – к.т.н., доцент СКГМИ(ГТУ)

³Максимов Р.Н. – к.т.н., доцент СКГМИ(ГТУ)

⁴Паньшин А.М. – к.т.н., технический директор ОАО «Электроцинк»

⁵Семошина Н.И. – ст. лаборант ОАО «Электроцинк»

Питание отсадки необходимо обезвоживать, поскольку пульпа после дезинтеграции, промывки и грохочения содержит более 90 % воды. Наиболее рациональным для этого представляется применение обезвоживающего конуса или одно-двухкамерного гидроклассификатора. Эти аппараты малочувствительны к колебаниям нагрузки и обеспечивают достаточно тонкие сливы. Важным здесь является правильный расчет площади зеркала и диаметр отверстий для сгущенного продукта.

Подрешетные продукты отсадки необходимо концентрировать в 500–1000 раз. Такую концентрацию можно получить с помощью центробежных концентраторов, отсадки с искусственной постелью и других аппаратов. Нам представляется более простым, надежным и эффективным обогащение мелкозернистых песков на концентрационных столах: три–четыре стадии концентрации на столах обеспечивают необходимое качество серых шлихов (0,1–0,2 % золота). Рациональным в данном случае может быть сочетание концентрационных столов и центробежных сепараторов.

Доводку серых шлихов целесообразно осуществлять с помощью полупромышленного и лабораторного оборудования для разделения минералов по плотности и магнитным свойствам. При этом также можно применять отсадочные машины, концентрационные столы, центробежные концентраторы различных типов, магнитные и магнитожидкостные сепараторы.

Для улавливания крупного золота и мелких самородков, теряемых при нарушении режима первичной промывки россыпей, в схеме сепарационного комплекса обязательно должен быть гидравлический шлюз глубокого наполнения.

Конструкция двухмодульной установки показана на рис. 1. Исходные пески бульдозером подаются на вашгерд, где размываются гидромонитором (1) и гидроэлеватором (2) поднимаются на первый модуль сепарационного комплекса. Первый модуль состоит из гидрошлюза глубокого наполнения (3) длиной 5 м и шириной 1 м, установленного под углом 7° над двухкамерным гидроклассификатором (4). Колосниковый грохот конструктивно является продолжением шлюза, у которого дном является щелевое сито (12 мм), установленное под углом 7° (0,5 м) и 20° (1,2 м). Гидроклассификатор представляет собой два спаренных бункера высотой 1,7 м и размером 2,0×2,0 м каждый. Слив первого бункера через порог попадает во второй, слив второго направляется в отвал. Сгущенный продукт 1-ой камеры (менее 12 мм) самотеком поступает на второй

модуль в отсадочную машину Труд-3 (6); сгущенный продукт 2-ой камеры (менее 1 мм) направляется в центробежный сепаратор ЦВК-1200 (5), установленный на первом модуле. Концентрат ЦВК поступает на доводку, хвосты – в отвал.

На раме второго модуля кроме отсадочной машины установлены последовательно концентрационные столы СКО-15 (7), СКО-2 (8), 30КЦ (9), а также доводочное оборудование: магнитный сепаратор ЭБМ 40/30, концентратор ИТОМАК-1. Окончательную доводку шлихов осуществляют в ЗПК с помощью двухвалкового магнитного и магнитожидкостного сепараторов, разработанных НПП «Геос».

Подача песков на промывку осуществлялась с помощью гидроэлеватора (2) и гидромонитора (1).

В период промышленных испытаний двухмодульной установки питание на сепарационный комплекс подавали с помощью гидроэлеватора и насосной станции на базе дизельного агрегата трактора Т-130 и 8-дюймового центробежного насоса. Ширина ячейки на промывочном столе не превышала 50 мм. Производительность установки в этом варианте составляла 15 м³/час.

Во время промиспытаний было переработано 3,5 тыс. м³ эфелей, из которых извлечено 578 г лигатурного золота, в том числе 160 г получено на концентрационных столах, остальное – на шлюзе глубокого наполнения. Анализ результатов промышленных испытаний показывает, что даже при содержании золота в песках на уровне 0,1–0,15 г/м³ повторная отработка россыпи с экономической точки зрения выгодна.

Следует отметить, что Харгинские золотосодержащие россыпи, на которых проведены промышленные испытания, отличаются повышенным содержанием среднего и крупного золота, что не позволило в полной мере оценить достоинство созданного промприбора. Поэтому третий этап исследований и разработок осуществлялся в западной части Амурской области на золотосодержащих россыпях в районе р. Джелтулак (п. Октябрьский). Гранулометрическая характеристика рыхлых отложений: класс крупности >50, 50-6 и менее 6 мм составляют: 4,8; 54,2 и 41 % соответственно. Золото в основном мелкое и пылевидное.

Добычу золота на данном объекте осуществляет с/а «Восточная». На одном из промприборов используют трехсекционный шлюз глубокого наполнения (1) длиной 24 м. Подачу песков осуществляют с помощью землесоса ГРУ-800. Для оценки эффективности доизвлечения золота из хвостов промприбора разработана, изготовлена и испытана трехмодульная обо-

Результаты испытаний опытно-промышленной установки для извлечения золота из текущих хвостов гидравлического шлюза

Наименование продукта	Выход, %	Содержание Au , г/т	Распределение Au , %
Класс +6 мм	45,0	0,040	5,6
Хвосты 2-ого модуля	43,0	0,110	14,8
Хвосты 3-его модуля	11,5	0,260	9,3
Хвосты сепаратора ИТОМАК	0,49	4,210	6,5
Концентрат	0,01	2041,6	63,8
Хвосты основного гидрошлюза	100,0	0,32	100,0

гагительная установка. Компоновка оборудования на саях каждого модуля и схема их расположения относительно шлюза показаны на *рис. 2*.

На первом модуле установлены модернизированный двухситный виброгрохот ГИС-42 (2), в котором пружинные опоры заменены подвесными тягами, эл.двигатель ($N = 4$ кВт, $n = 1200$ об/мин) установлен непосредственно на короб грохота, шкивы клиноременной передачи обеспечивали частоту колебаний на уровне 10 Гц. Диаметр ячеек верхнего сита 25 мм, ширина щели нижнего – 5 мм. Под грохотом установлен обезвоживающий бункер (3) с площадью зеркала $2,4 \times 2,2$ м² и горизонтальный песковый насос (4) ПБ 100/16.

На втором модуле установлены отсадочная машина Труд-3 (5) с приемным обезвоживающим бункером $1,5 \times 1,5$ м и удлиненной разгрузочной точкой. В машине установлено шпальтовое сито из нержавеющей стали, над которым расположена искусственная постель из металлической дробы Ж 5–8 мм и высотой 60–100 мм. Третий модуль включал отсадочную машину МОД-1 (6), центробежный концентратор ИТОМАК-1 (8) и концентрационный стол СКО-2 (7) с приемными бункерами и разгрузочными желобами, установленными на разных уровнях для обеспечения самотека продуктов обогащения. Разгрузка подрешетного концентрата и подача его на третий модуль осуществлялась с помощью гидроэлеваторов, установленных на каждую камеру. Вода в элеватор подавалась центробежным насосом К 8/22.

Все модули оборудованы площадками и лестницами для обслуживания. Пульповоды между агрегатами выполнены из металлических труб, водовод для отсадки и столов запитан от магистрали гидромонитора с помощью труб и резиновых шлангов. Электропривод всех агрегатов ($N = 12$ кВт) осуществлен от дизельной станции ДЭС-40, которая одновременно обслуживала редуктор землесоса.

Для подачи на установку питания в хвостовую часть одной из секций шлюза (ширина 1 м) было

врезано специальное устройство с двумя шиберами и колосниковой решеткой. Устройство позволяло отсекал и направлять на виброгрохот до 1/3 всего шлюзового потока пульпы. Отметим, что работу этого узла в ходе испытаний необходимо было постоянно контролировать, т.к. землесос подает пески на шлюз весьма неравномерно, что также ухудшало работу пескового насоса. Все три модуля расположили в конце шлюза в один ряд с расчетом, чтобы все сливы, хвосты и галля разгружались в точку «боя» основного шлюза и постоянно убирались бульдозерами.

Во время испытаний гидравлический шлюз работал с нагрузкой на уровне 60 м³/час. С учетом простоев на съемку и текущий ремонт, в сутки на шлюз подавали в среднем 1200 м³ песков. Суточные съемки золота в этот период колебались от 700 до 1500 г. На обогатительную установку от всего потока пульпы из-за неудовлетворительной работы пескового насоса поступала одна четверть потока пульпы, то есть сепарационный комплекс работал с производительностью примерно 15 м³/час.

Для оценки эффективности работы установки и промприбора за весь период испытаний отобраны пробы всех продуктов для определения их качества (кроме питания и гали) и количества (кроме продуктов грохочения и отсадки). По результатам пробирного анализа проб рассчитан количественный баланс металла по всем операциям обогащения (*табл.*).

В период промышленных испытаний содержание золота в хвостах шлюза было на уровне 0,3 г/т (*табл.*). С учетом суточной производительности шлюза (1200 м³) и средней съемки металла (1100 г), потери золота с хвостами гидрошлюза составляли в этот период примерно 23 %. В результате обогащения хвостов на установке более 60 % металла доизвлекается в концентрат, содержащий 2 кг/т золота. Концентрат такого качества отбирали и накапливали в течение 20 часов работы установки, то есть до среднего

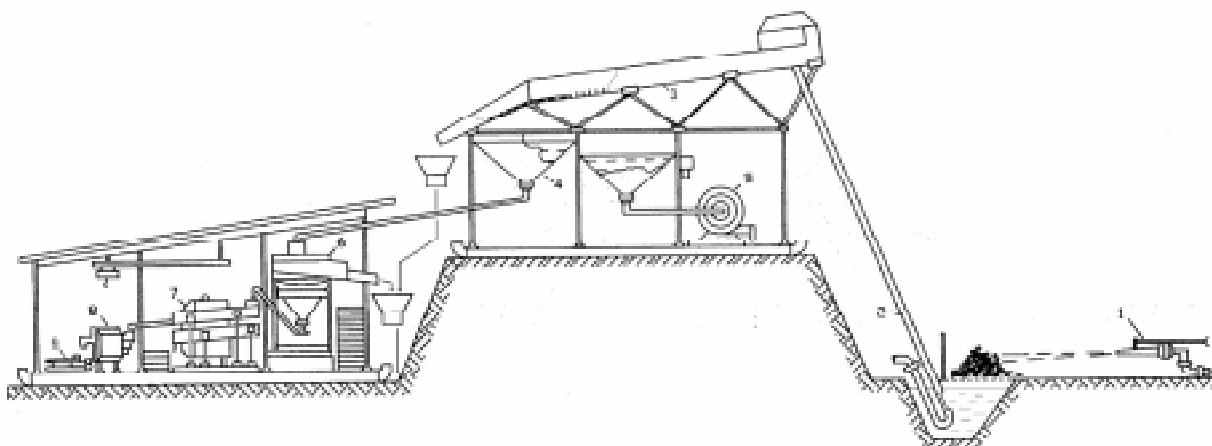


Рис. 1. Общий вид одномодульной установки для обогащения золотосодержащих песков. Двухмодульный сепарационный комплекс для промывки золотосодержащих песков: 1 – гидромонитор; 2 – гидроэлеватор; 3 – шлюз глубокого наполнения; 4 – гидроклассификатор; 5 – центробежный сепаратор; 6 – отсадочная машина Труд-3; 7, 8, 9 – концентрационные столы СКО-15, СКО-2, 30КЦ

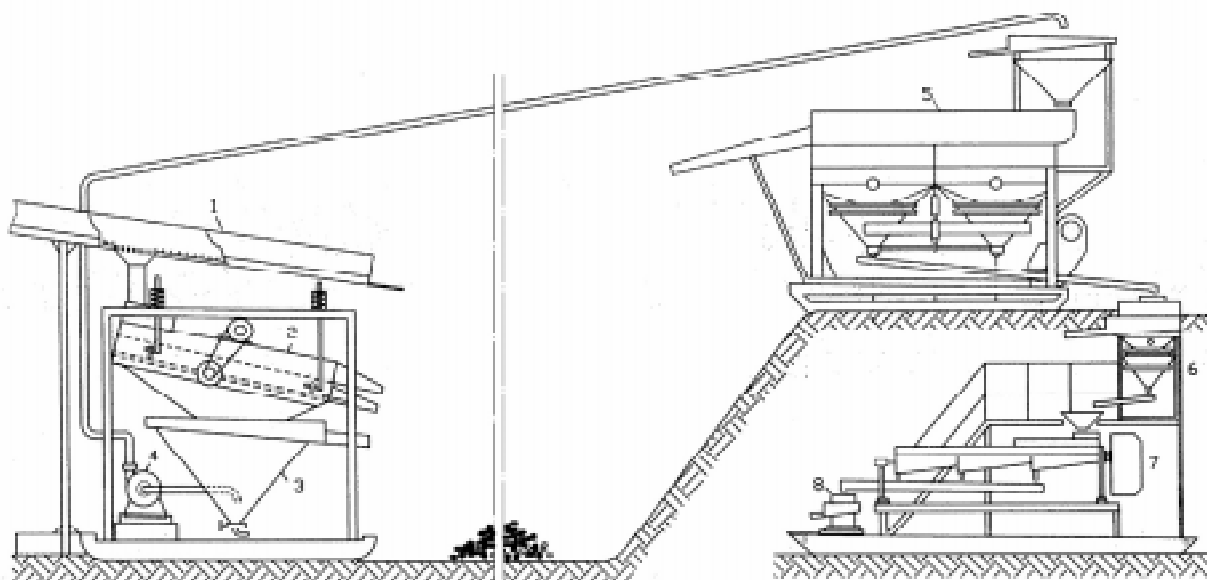


Рис. 2. Трехмодульный сепарационный комплекс-приставка к промывочному прибору типа ПГШ: 1 – шлюз глубокого наполнения; 2 – виброгрохот ГИС-32; 3 – обезвоживающий бункер; 4 – песковый насос ПБ 100/16; 5, 6 – отсадочные машины Труд-3, МОД-1; 7 – концентрационный стол СКО-2; 8 – центробежный сепаратор ИТОМАК-1

суточного времени работы шлюза. Затем концентрат доводили в ЗПК до лигатурного золота. Вес золота, полученного за один 20-часовой цикл работы, достигал 45 г.

Следовательно, при переработке всего объема хвостов промприбора можно дополнительно извлекать $45 \times 4 = 180$ г золота. С учетом среднесуточных съемов,

это составляет 10,8 % от количества золота в исходных песках. Внедрение разработанной технологии и оборудования для переработки всего объема эфелей прибора позволит дополнительно получить более 15 кг золота в сезон. Таким образом, экономическая целесообразность данного мероприятия очевидна.

Литература

1. Солоденко А.Б., Евдокимов С.И., Казимиров М.П. Обогащение россыпей золота. – МАНР, Владикавказ, 2001. 365 с.
2. Казимиров М.П., Евдокимов С.И., Солоденко А.Б.

Гидрошлюзовой отсадочно-концентрационный промывочный прибор для отработки россыпей золота // Изв. ВУЗов. Цветная металлургия, 2001. №5. С. 10–13.