

# ПРО Евразия

## Центробежные концентраторы FALCON SB

Основа технологий гравитационного  
извлечения мелкого тонкого золота

# Содержание

3

Информация о компании  
«ПРО Евразия»  
.....

8

Центробежный  
концентратор FALCON SB.  
Основные факты  
.....

16

Преимущество двухзонной  
чаши концентратора Falcon SB  
при высокой силе G  
.....

20

Внедрение Falcon SB750  
на ЗИФ рудника «Джультетта»  
.....

23

Подходы специалистов  
«ПРО Евразия» в подготовке  
песков к обогащению  
.....

28

Контактная  
информация компании  
«ПРО Евразия»  
.....



**sepro**  
mineral systems

## Информация о компании

Компания «ПРО Евразия» занимается реализацией проектов для горно-обогатительной промышленности России и стран СНГ с основным направлением в золотодобывающей отрасли. Наши инженеры помогают подобрать оптимальное технологическое решение и оборудование для любой поставленной задачи, включая извлечение сложного «тонкого» золота с использованием как единичного оборудования, так и модульных установок полного технологического цикла.

Мы являемся официальным представителем компании SEPRO Mineral System (Канада), производящую гравитационные концентраторы Falcon, а также другое обогатительное оборудование, охватывающее процесс подготовки и обогащения руды от начала и до конца (дробилки, мельницы, грохота, установки выщелачивания и электролиза, модульные полевые установки и т.д.).

### Услуги нашей компании

Лабораторные и полупромышленные испытания

Инжиниринг и поставка оборудования и модульных систем

Шеф-монтаж и ввод в эксплуатацию

Снабжение запасными частями

Сервисное обслуживание

Техническая поддержка и оптимизация систем

### Наши офисы расположены в следующих городах:

Москва, Екатеринбург, Междуреченск, а также существует сеть представителей в Магадане, Иркутске, Красноярске, Якутске, Армении.

**Предлагаем вашему вниманию основной референс-лист по нашим поставкам центробежных концентраторов Falcon, а также обогатительных установок, в состав которых входят центробежные концентраторы.**

№ п/п	Компания-заказчик	Объект	Город, регион	Поставленное оборудование	Дата поставки
1	ООО «Березовский рудник»	Березовский рудник	г. Березовский, Свердловская обл.	Концентратор периодического действия <b>Falcon SB750</b> (1 шт.) — до 80т/ч (100 м <sup>3</sup> /ч), 7,5 кВт	2013
2	ОАО «Рудник им. Матросова»	ЗИФ «Наталка»	Тенькинский р-н, Магаданской обл.	Концентратор периодического действия <b>Falcon SB5200</b> (13 шт.) — до 400 т/ч (450 м <sup>3</sup> /ч), 75 кВт. Концентратор периодического действия <b>Falcon SB2500</b> (2 шт.) — до 250т/ч (300 м <sup>3</sup> /ч), 45 кВт	2013
3	ЗАО «Омсукчанская горно-геологическая компания»	ЗИФ Рудника «Джультета»	Магадан	Концентратор периодического действия <b>Falcon SB750</b> (1 шт.) — до 80 т/ч (100 м <sup>3</sup> /ч), 7,5 кВт	2013
4	ООО «Рифей»	ЗИФ «Владимирская»	Республика Бурятия, Окинский р-н	Концентратор периодического действия <b>Falcon SB750</b> (1 шт.) — до 80 т/ч (100 м <sup>3</sup> /ч), 7,5 кВт. Концентратор периодического действия <b>Falcon SB1350</b> (2 шт.) — до 150 т/ч (200 м <sup>3</sup> /ч); 18 кВт	2013
5		Уч. Глухариный	Магаданская область	Установка <b>IGR100</b> (1 шт.) Концентратор периодического действия <b>iCON 350</b> (8 шт.)	2013
6		Уч. Ледяной	Камчатский край	Установка <b>IGR100</b>	2013
7	ООО «Партия»		Магаданская область	Установка <b>IGR100</b> (1 шт.). Концентратор периодического действия <b>iCON 350</b> (4 шт.)	2013
8		Уч. Ледяной	Камчатский край	Установка <b>IGR 500</b> (2 шт.)	2014
9	ООО «Партия»		Магаданская область	Концентратор периодического действия <b>iCON 350</b> (4 шт.)	2014

№ п/п	Компания-заказчик	Объект	Город, регион	Поставленное оборудование	Дата поставки
10	ОАО «Рудник им. Матросова»	ОПУ «Рудник им. Матросова»	Тенькинский р-н, Магаданской обл.	Концентратор периодического действия <b>iCON 350</b> (2 шт.) с системой автоматизированного управления	2015
11	ОАО «Рудник им. Матросова»	ОПУ «Рудник им. Матросова»	Тенькинский р-н, Магаданской обл.	Концентратор периодического действия <b>Falcon SB750</b> (2 шт.) — до 80 т/ч (100 м <sup>3</sup> /ч), 7,5 кВт	2015
12	ТД Полиметалл	ЗДК «Майское»	Чукотская обл.	Концентратор непрерывной разгрузки <b>Falcon C1000</b> — до 27 т/ч (74 м <sup>3</sup> /ч), 15 кВт	2016
13	УК «Золотые Проекты»	ЗИФ «Рудник Каральвеем»	Чукотская обл.	Концентратор периодического действия <b>Falcon SB5200</b> (2 шт.) — до 400 т/ч (450 м <sup>3</sup> /ч), 75 кВт	2016
14	ЗАО «ГРК Западная»		Якутия	Установка <b>IGR100</b>	2016
15	ООО «Территория»		Республика Коми	Установка <b>IGR1000</b> с установкой интенсивного цианирования <b>SLR350</b> (разовая загрузка 350 кг)	2016
16	АО «ЗДК Лензолото»		Иркутская область	Установка <b>IGR 100</b>	2016
17	ООО Концерн «Мульти Групп»		Армения	Установка <b>IGR 500</b>	2016
18	Сусуманский горно-обогатительный комбинат «Сусуманзолото»	Ветренский ГОК	Магаданская область	Установка <b>IGR 500</b>	2016
19	ОАО «Бурятзолото»	Ирокинда	Иркутская область	Концентратор периодического действия <b>iCON 350</b>	2016
20	Горно-геологическое предприятие «Иткана»	Сухое русло	Магаданская область	Установка <b>IGR 3000</b>	2016



**Наши специалисты готовы провести лабораторные и полупромышленные испытания возможности применения гравитационных концентраторов на площадке Заказчика. Вашему вниманию предлагается референс-лист по наиболее крупным выполненным работам.**

№ п/п	Компания-заказчик	Объект	Город, регион	Поставленное оборудование	Дата поставки
1	«Вторичные драгметаллы»		Свердловская область	Испытания <b>IGR 100</b> на эфелях, текущих и лежалых	2012
2	«Геопромайнинг»	Сарылах	Якутия	Испытания на лабораторном концентраторе <b>L40</b> хвостов ОФ	2014
3	Уч. Глухариный			Испытания <b>IGR100</b> на хвостах шлихообогатительной установки	2014
4	ООО «Партия»		Магаданская область	Испытания <b>IGR 3000</b> переработка лежалых хвостов ЗИФ	2014
5	Концерн Арбат		Конго, Магаданская область	Испытания <b>IGR 3000</b>	2014
6	«Ресурсы Малого Хингана»		Еврейская автономная область	Лабораторные испытания гравитационного обогащения оловянных лежалых хвостов на <b>L40</b>	2015
7	ЗАО «Полюс»	Рудник имени Матросова	Магаданская область	Сопровождение испытаний технологии гравитационного обогащения на концентраторах <b>Falcon</b> и <b>iCON</b>	2015
8	Кыштымский ГОК		Челябинская область	Испытания <b>IGR 100</b> в технологическом процессе обогатительной фабрики (кварц)	2015
9	Ресурсы Малого Хингана		Еврейская автономная область	Наработка товарного гравитационного концентрата, переработка пробы оловосодержащих хвостов	2015
10	Сусуманский ГОК	Рудник Ветренский	Магаданская область	Тестирование хвостов ЗИФ на <b>IGR 100</b>	2015
11	ЗАО «Полюс»	АО ЗДК «Лензолото»	Иркутская область	Исследование минерального сырья на <b>IGR 100</b>	2015
12	«Геопроммайнинг»	Сарылах	Якутия	Исследование лежалых хвостов на установке <b>IGR 100</b>	2015

№ п/п	Компания-заказчик	Объект	Город, регион	Поставленное оборудование	Дата поставки
13	«Казцинк»	Алтынтау Кокшетау	Казахстан	Исследование текущих хвостов ЗИФ на установке <b>IGR 100</b>	2015
14	«Казцинк»	Алтынтау Кокшетау	Казахстан	Исследование в цикле измельчения ЗИФ на установке <b>IGR 100</b>	2015
15	«Золотые проекты»	Каральвеем	Чукотский автономный округ	Исследование технологических процессов ЗИФ на установке <b>IGR 100</b>	2015
16	«Геопромайнинг»	Сарылах	Якутия	Испытание гравитационного обогащения потоков обогатительной фабрики на установке <b>IGR 100</b>	2016
17	ООО Концерн «Мульти Групп»		Армения	Исследование лежалых хвостов ЗИФ на установке <b>IGR 100</b>	2016
18	Кыгштымский ГОК		Челябинская область	Проведение испытаний на установке <b>IGR 100</b> в шахте	2016
19	«Казцинк»	Алтынтау Кокшетау	Казахстан	Проведение испытаний потоков ЗИФ на <b>IGR 100</b> и <b>iCON 350</b>	2016
20	«Казцинк»	Алтынтау Кокшетау	Казахстан	Проведение испытаний лежалых хвостов ЗИФ на <b>IGR 100</b>	2016
21	«Горно-геологическое предприятие «Иткана»	СуГОК, Сухое Русло	Магаданская область	Опытная отработка лежалых эфельных отвалов на установке <b>IGR 3000</b>	2016
22	Сусуманский ГОК	Рудник Ветренский	Магаданская область	Опытные работы на текущих хвостах на установке <b>IGR 500</b>	2016
23	«Ресурсы Малого Хингана»		Еврейская автономная область	Наработка гравитационного концентрата на хвостохранилище с использованием <b>iCON 350</b> и <b>IGR 100</b>	2016
24	УГМК	Гайский ГОК	Оренбургская область	Исследование гравитации на различных потоках ОФ на установке <b>IGR 100</b>	2016

**Полупромышленные установки находятся в каждом золотодобывающем округе России, а также в Казахстане и Армении.**

# Центробежный концентратор FALCON SB

## Основные факты

Автор: Джонас Бёнке

**Далее представлен краткий обзор компании «SEPRO» по концентраторам Falcon SB для углубления знаний и получения основной информации о передовой технологии Sepro в области гравитационного обогащения с применением концентраторов периодического действия.**

### Вступление

«SEPRO» — успешная частная компания с большим штатом работников по всему миру. Финансовый успех и доминирующая позиция на рынке с технологией FALCON позволили ей развиваться и в других смежных областях, таких как технологические испытания минерального сырья, проектирование и изготовление скрубберов и рудных мельниц.

Первый концентратор Falcon был изготовлен в 1982 году и испытан на россыпных месторождениях в Канаде. С тех пор компания SEPRO постоянно развивала и улучшала технологию гравитационного обогащения, чтобы соответствовать жестким требованиям современного горно-обогатительного производства.

**Сегодня «SEPRO» предлагает по всему миру три независимые усовершенствованные технологии гравитационного обогащения для различного применения**

#### FALCON SB

Разработана для извлечения благородных металлов, находящихся в свободной металлической форме, и успешно применяется в концентраторах Falcon с периодической разгрузкой (FALCON SB). Основное применение в тех случаях, когда требуется очень высокая степень концентрации ценного компонента и очень маленький выход концентрата, как правило, << 0,1 %

#### FALCON C

Применяется в концентраторах с непрерывной разгрузкой (FALCON C) в случаях, когда выход концентрата составляет более 0,1 %

#### FALCON UF

Эффективна для гравитационного обогащения минерального сырья с крупностью частиц менее 10 микрон. К примеру, проведенные испытания показывают возможность эффективного извлечения олова крупностью порядка 3 микрон







FALCON  
CONCENTRATORS

Sepro  
SEPRO WATER SYSTEMS

## Основной принцип работы концентраторов «SB»

### Ламинарный поток против турбулентного потока

Чаша концентратора Falcon состоит из сложно моделируемых систем, двух зон: конической зоны стратификации [S]\* и вертикальной зоны удержания [R]\*. Пульпа разгоняется до достижения высоких центробежных скоростей и расслаивается вдоль круто наклонной гладкой поверхности в условиях действия полу-ламинарного потока. Расслоение и ускорение эффективны при обогащении тонких ценных компонентов. При этом более предпочтительна плотность пульпы менее 50–60 % по весу. Законы физики (и здравого смысла) подсказывают, что разделение ухудшается при увеличении плотности пульпы. И хотя разделение возможно вплоть до 70 % твердого, но за счет добавления флюидизационной воды и применения чаши с рифлями по всей высоте появляется турбулентность в потоке, которая приводит к потерям тонких ценных минералов. По вполне понятным причинам гравитационное извлечение мелочи в ламинарных потоках превосходит извлечение в турбулентных потоках. Неоднократно доказано, что концентраторы Falcon — лучшие в мире среди всех концентраторов для извлечения тонких ценных компонентов.

### Удержание концентрата

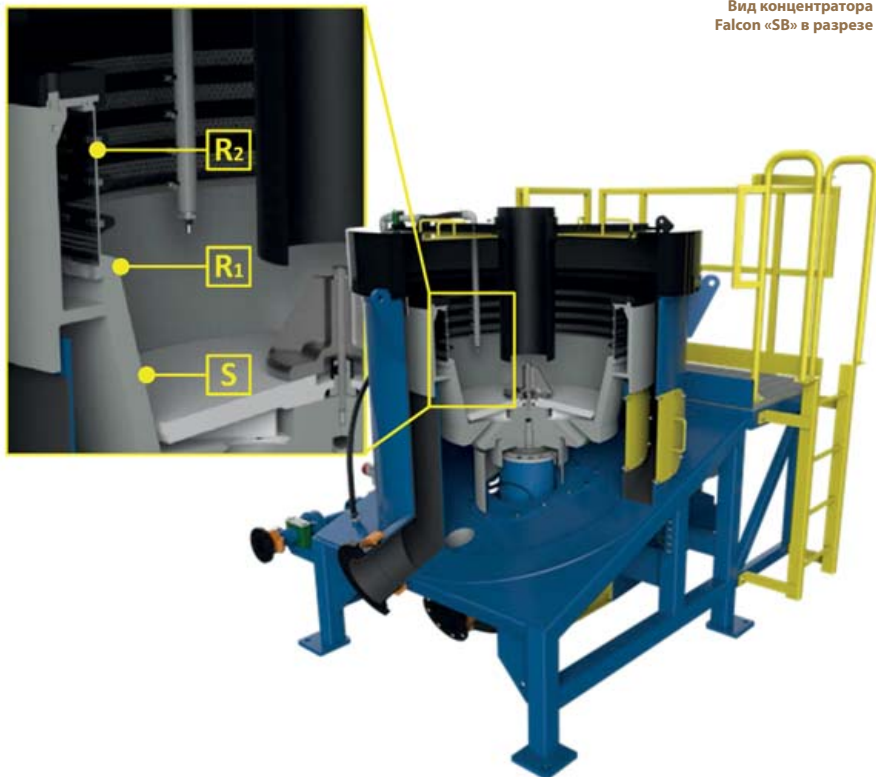
Концентратор Falcon — единственный аппарат, который сочетает два принципа удержания концентрата: нефлюидизационное удержание [R1]\* расслоившегося слоя (в конце ламинарного потока зоны стратификации [S]\*) и концентрация за счет включения в флюидизационную постель [R2]\*. Фактор, оказывающий влияние, — размер частиц.

Мелкие частицы могут быть удержаны в пустотах, но не могут проникнуть во флюидизационную постель с вытеснением более легких и более крупных частиц. Мелочь удерживается вне флюидизированной зоне после достаточного расслоения и ускорения и формирования стекающей пленки.

Крупные частицы, находясь под действием сил, продвигаются над «пляжем», состоящим из сконцентрированных мелких частиц в нефлюидизационной зоне, пока не достигают кипящего слоя, в который они внедряются. Расход воды, необходимой для создания кипящего слоя во флюидизационной зоне удержания, может регулироваться с высокой точностью. Концентраторы наших конкурентов используют ступенчатое расположение рифлей, что не позволяет расслаиваться мелким частицам, а турбулентные потоки способствуют их вымыванию из минеральной постели и замещению крупными частицами, за счет чего снижается извлечение мелких частиц. Сбалансированное извлечение мелких и крупных частиц достигается при объединении двух принципов удержания от FALCON.

\*Пожалуйста, ознакомьтесь со следующим рисунком.

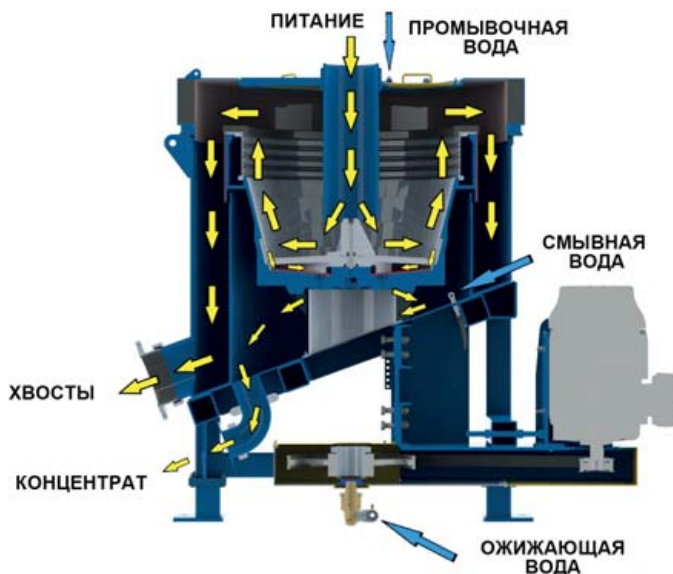
Вид концентратора  
Falcon «SB» в разрезе



### Сила G и система привода

Концентраторы Falcon устанавливаются на прочную раму, что в комплексе с применением усовершенствованных высоконадежных подшипников позволяет развивать центробежную силу вплоть до 200 G. Всё преимущество от высоких значений G достигается с попутным потоком при использовании концентраторной чаши Falcon двужонного типа.

Концентраторы снабжены ЧРП (частотно-регулируемый привод) для контроля скорости вращения чаши и центробежного ускорения. Динамический тормоз гасит энергию вращения чаши с рабочей скорости до скорости промывки, что позволяет сократить цикл промывки, уменьшить время работы вхолостую или увеличить время работы на материале.



## Ожижающая вода и эксплуатационные расходы

### Расход воды

Для работы гравитационных концентраторов с постелью флюидизационного типа требуется чистая ожижающая вода. Расход воды контролируется автоматизированной системой управления, и вода подается через маленькие отверстия для флюидизации минеральной постели. Потребность в воде для концентратора Falcon модели SB5200 составляет 25–35 м<sup>3</sup>/ч, в то время как подобный типоразмер концентратора конкурентов потребляет 28–86 м<sup>3</sup>/ч. Эта разница в течение года составит более 200 тыс. м<sup>3</sup> в пользу технологии FALCON.

### Конструкция отверстий

Отверстия, через которые вода подается в концентратор Falcon, короче относительно большого диаметра и просверлены радиально, в то время как конструкция у конкурентов основана на применении более длинных и более мелких отверстий, просверленных почти по касательной. Кроме того, большое значение имеет материал, через который просверлены отверстия. В соответствии с конструкцией FALCON, материал чаши — нержавеющая сталь, которая обладает большей устойчивостью к блокированию отверстий. Мягкий полиуретан позволяет твердым частицам проникать в себя и блокировать отверстия. В результате конструкция концентраторов Falcon требует значительно меньше времени на обслуживание по сравнению с конструкцией конкурентов.

## Износ и эксплуатационные расходы

### LSP\* оптимизация износа («Detour Lake Gold»)

Основная стратегия Falcon, основанная на зональном подходе, — это борьба с износом и снижение эксплуатационных расходов. ИмPELLер, нижняя точка удара (LSP) и разгрузочное кольцо являются основными изнашиваемыми частями, и их восстановление не взаимосвязано. Зона удержания концентрата [R] в основном не подвергается износу. Изнашиваемые части — это сменные детали, в отличие от философии конкурента — поставка дорогостоящих целых чаш через программы обмена.

В концентраторе конкурентов турбулентное движение пульпы изнашивает ступенчатые рифли, при этом постоянно снижается извлечение до того дня, пока чаша не будет заменена на новую. В то же время «SEPRO» постоянно совершенствует свое оборудование, учитывая большое количество факторов с целью снижения эксплуатационных затрат. Одна из многих таких инициатив — внедрение вставок LSP на одном из крупнейших канадских рудников. Вставка LSP была предоставлена руднику «Detour Lake Gold» совсем недавно (2014) с целью снизить эксплуатационные затраты и увеличить механическую надежность при переработке высокоабразивной руды: «Руда «Detour Gold» является экстремально абразивной для нашего технологического оборудования и трубопроводов, поэтому мы изначально заказали концентраторы Falcon SB5200 и связанные с ними пульповоды в комплекте с керамической футеровкой. Более того, компания «SEPRO» предложила разработать улучшенную систему футеровки чаши, чтобы повысить износостойкость и снизить эксплуатационные расходы. В результате была разработана резиновая вставка LSP, срок службы которой превышает в 1,5–2 раза срок службы оригинальной керамической футеровки и для ее замены не требуется демонтаж чаши. Эта вставка действительно эффективна для быстрого восстановления нижней точки износа и, кроме того, было продемонстрировано значительное снижение износа и снижение затрат на техническое обслуживание», — отмечает Герри Барстад, главный металлург рудника «Detour Gold Inc.».

В результате успеха от внедрения вставки LSP на «Detour Lake», вставка LSP будет применяться на всех новых концентраторах SB5200, а также может быть установлена на всех действующих концентраторах SB5200, количество которых по миру составляет более 200 штук.

\* Нижняя точка удара (LSP)





Концентратор Falcon SB750 на ЗИФ «Джультета»,  
Магаданская область



Концентратор Falcon SB5200 на ОФ «Теректы», Казахстан



Концентраторы iCON i350 (SB400) в составе модульной установки для россыпей IGR-3000

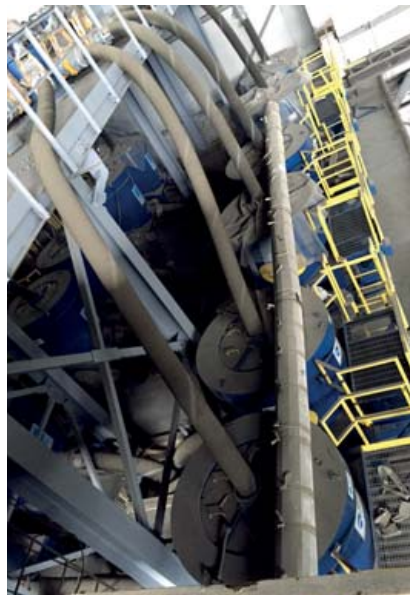
## Несколько примеров поставок концентраторов Falcon на горнодобывающие предприятия

### Сотрудничество с российской компанией «Полюс Золото»

Компания «Sepro Mineral Systems Corp» рекомендовала себя компетентным партнером как в самых маленьких, так и в самых крупных проектах. «Полюс Золото» является крупнейшим производителем золота на территории России и стран СНГ и в настоящее время реализует проект «ЗИФ НАТАЛКА». Комплексная поставка на строящееся предприятие включала следующее оборудование: грохоты, насосы, установки интенсивного выщелачивания, электролиза и плавки и исключительно гравитационные концентраторы Falcon (SB5200 — 13 шт. и SB2500 — 2 шт.).

### Сотрудничество с компанией «Phonesack»

Недавно «SEPRO» досрочно завершила поставку 24 концентраторов Falcon SB5200 для золотого рудника проекта группы «Phonesack». За 14 недель были совершены 4 отдельных отгрузки по 6 концентраторов Falcon с завода «SEPRO» в Лэнгли (Британская Колумбия, Канада) для рудника «Khamkeut Saen Oudom» (KSO), расположенного рядом с городом Лак-Сао (Лаос). Оборудование по этому заказу, в том числе вибрационные грохоты, уже работает на площадке KSO. По итогам работы и качества сервиса компания «SEPRO» получила право на поставку еще 24 гравитационных концентраторов Falcon SB5200 для проекта KSO, являющегося одним из крупнейших золотых проектов во всем мире. Этот заказчик произвел тщательный анализ имеющегося на рынке конкурентного оборудования, прежде чем поддержать значительными инвестициями в виде средств и доверия в технологию FALCON.



Концентраторы Falcon SB5200 на ЗИФ «Наталка»



Поставка и монтаж концентраторов SB5200 на ЗИФ «Наталка»

# Преимущество двухзонной чаши концентратора Falcon SB при высокой силе G

Автор: Данила Самосий

При разработке гравитационных концентраторов Falcon SB упор делался в первую очередь на обеспечение высоких показателей извлечения тонких частиц (менее 100 мкм) тяжелых минералов, таких как золото, платина и др. из руд и россыпей. Одним из основных направлений обеспечения высоких показателей извлечения концентраторами Falcon SB является применение высоких значений гравитационной силы G, необходимой для увеличения разности в весе частиц.

Falcon SB относятся к концентраторам, использующим воду противодавления (ожижающую) для разрыхления минеральной постели в зоне удержания посредством ее подачи через отверстия в чаше (корзине). Разрыхление минеральной постели с помощью ожижающей воды способствует выносу легких частиц из рифлей за пределы зоны удержания и более эффективному их замещению тяжелыми частицами. Регулируя два параметра гравитационного концентратора — силу G (обороты вращения чаши) и давление ожижающей воды, — можно подобрать оптимальные параметры для извлечения ценного компонента из любого минерального сырья.

## При этом общие правила звучат так:

Чем крупнее обогащаемый материал, тем ниже G и/или выше давление ожижающей воды

Чем мельче подаваемый материал, тем выше G и/или ниже давление ожижающей воды

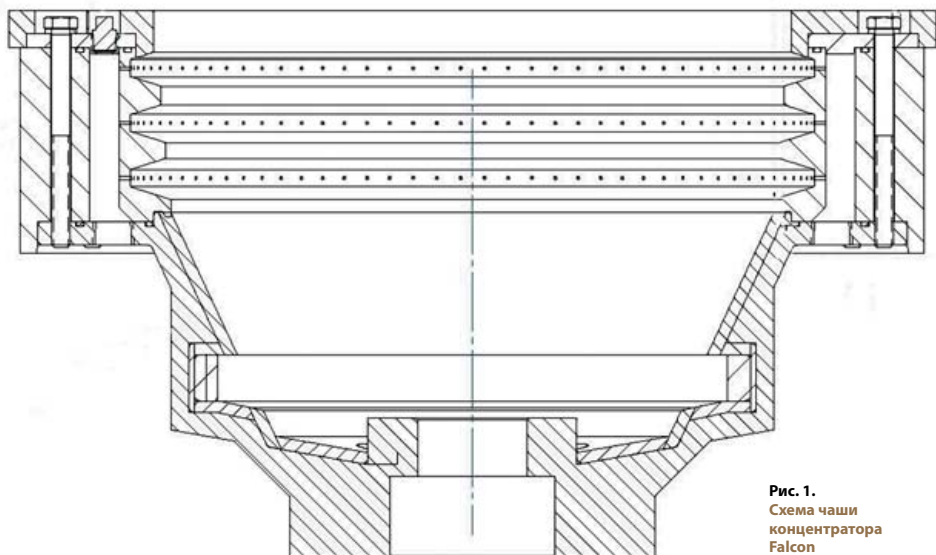
Данные правила применимы к любому концентратору с подачей ожижающей воды через отверстия в чаше.

Чаша Falcon SB является двухзонной чашей, состоящей из конической части — зона стратификации (миграции) и цилиндрической — зона удержания (рис. 1).

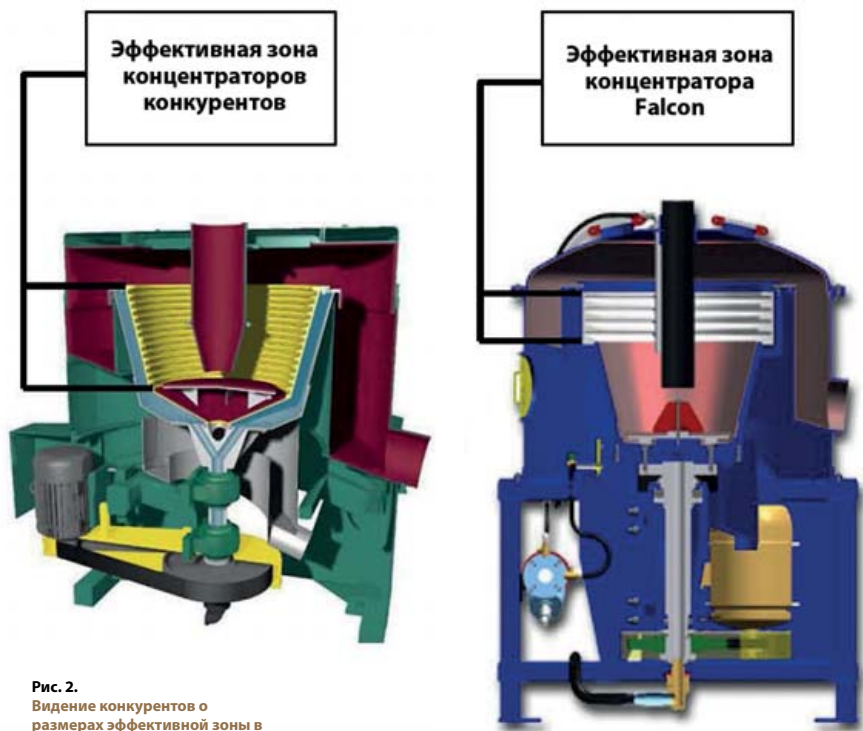
Коническая часть позволяет задать направление потока в верхнюю часть чаши. Динамическое давление потока с ростом высоты снижается, а сила G нарастает, в результате чего материал подвергается распределению по удельному весу и крупности (предварительному обогащению): тяжелые мелкие частицы мигрируют вглубь потока (ближе к поверхности чаши), а легкие крупные — в верхний слой потока (ближе к центру чаши).

Цилиндрическая часть является зоной удержания материала, где происходит извлечение из потока и накопление тяжелых частиц — концентрация (обогащение). При сравнении конусов других производителей с двухзонной чашей Falcon достаточно часто делается упор на то, что зона удержания конуса больше, чем зона удержания чаши Falcon (рис. 2).

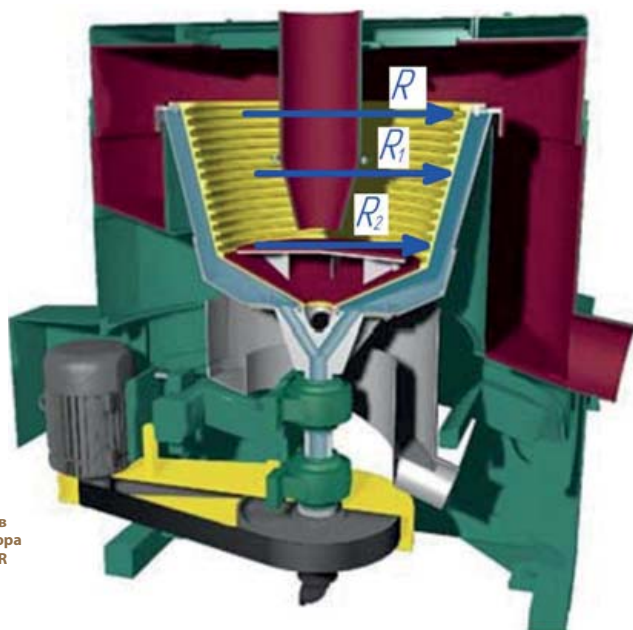




**Рис. 1.**  
 Схема чаши  
 концентратора  
 Falcon



**Рис. 2.**  
 Видение конкурентов о  
 размерах эффективной зоны в  
 центробежных концентраторах



**Рис. 3.**  
Распределение  $G$  в  
чаше концентратора  
в зависимости от  $R$

Данное утверждение справедливо, если в расчет брать только геометрические параметры.

Сила  $G$  прямо пропорциональна радиусу чаши (конуса, корзины и т.д.), т.е. сохраняется равенство  $R/R_1 = G/G_1$  (рис. 3).

При неизменном значении скорости вращения ротора с увеличением радиуса конуса растет значение силы  $G$ . При этом давление оживающей воды по всей высоте конуса (для каждого радиуса) практически неизменно. В результате у конуса работает лишь часть зоны удержания, где сочетание силы  $G$  и давления оживающей воды более или менее соответствует оптимальным параметрам извлечения ценного компонента. Чем больше значение силы  $G$ , тем меньше рабочая площадь зоны удержания. Выше оптимальной зоны удержания давление оживающей воды будет недостаточное, ниже — избыточное.

В таблице 1 в качестве примера представлено изменение силы  $G$  по высоте конуса при разнице 10 % между верхним (нижним) радиусом конуса и радиусом через середину высоты конуса.

На малых и средних скоростях вращения ротора, соответствующих значениям 60–70  $G$ , а также на лабораторных аппаратах влияние данного эффекта не замечено ввиду малой разницы значений силы  $G$  по высоте. С увеличением силы  $G$ , необходимой для извлечения тонких частиц, и увеличением размеров аппарата для обеспечения производительности данный эффект увеличивает свое влияние на эффективность обогащения тонких частиц.

Двухзонная чаша Falcon, с цилиндрической формой зоны удержания исключает влияние данного эффекта. Независимо от силы  $G$  и размера аппарата для извлечения используется вся площадь поверхности концентрации концентраторов iCON и Falcon.



Запатентованная геометрия чаши позволяет эффективно извлекать тонкие частицы во всех возможных диапазонах скорости вращения ротора и при любом размере применяемого аппарата.

Модельный ряд и спецификация концентраторов с периодической разгрузкой, выпускаемых компанией «Серго», представлены в таблице 2.

Сила G								
Середина конуса ( $R_1$ ), ед. G	60	80	100	120	140	160	180	200
Верх конуса ( $1,1 \cdot R_1$ ), ед. G	66	88	110	132	154	176	198	220
Низ конуса ( $0,9 \cdot R_1$ ), ед. G	54	72	90	108	126	144	162	180
D, ед. G	12	16	20	24	28	32	36	40

**Табл. 1. Изменение силы G по высоте конуса**

$R_1$  — радиус через середину высоты конуса, D — разница силы G между верхним и нижним диаметром конуса

Метод использования	Ручное управление технологическим процессом			Автоматизированное управление технологическим процессом					
	Falcon L40	iCON i150	iCON i350	Falcon SB 400	Falcon SB 750	Falcon SB 1350	Falcon SB 2500	Falcon SB 5200	
Рекомендуемая производительность по твердому, т/ч	0–0,25	1–2	1–15	1–15	10–80	50–150	100–250	200–400	
Максимальная производительность по пульпе, м <sup>3</sup> /ч	2,3	7,8	30	30	100	200	300	450	
Площадь поверхности концентрации, м <sup>2</sup>	0,03	0,10	0,23	0,21	0,46	1,8	2,14	3,37	
Диапазон значений силы G	Верхний	200	150	150	150	200	200	200	
	Нижний	50	50	100	100	150	50	50	
Масса концентратора, кг	35	120	415	485	1250	2900	4560	6900	
Мощность электродвигателя, кВт (л.с.)	0,4 (0,5)	1,5 (2,0)	3,7 (5,0)	3,7 (5,0)	7,5 (10)	18 (25)	45 (60)	75 (100)	
Расход технологической воды, м <sup>3</sup> /ч	0,24–1,2	0,6–1,8	3–5	3–5	8–12	12–20	15–28	25–35	
Давление подачи воды, бар	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	
Рекомендуемая максимальная крупность твердого в питании*, мм	1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Абсолютная максимальная крупность твердого в питании*, мм	1,5	2,5	2,5	2,5	4,0	4,0	4,0	4,0	
Максимальная плотность питания по твердому*, %	55–70	65	65	65	55–70	55–70	55–70	55–70	
Объем пульпы концентрата*, л	1	10	25	25	100	150	250	350	
Объем твердого в концентрате*, см <sup>3</sup>	120	520	1230	1230	5275	12425	18750	24050	
Габариты, м	Ширина	0,49	0,6	0,98	1,02	1,71	2,24	2,67	3,19
	Длина	0,31	0,6	0,98	1,00	1,44	1,90	2,00	2,32
	Высота	0,51	1,3	1,43	1,43	1,50	2,07	2,27	2,73

**Табл. 2. Модельный ряд и спецификация концентраторов с периодической разгрузкой, выпускаемых компанией «Серго»**

\* данные зависят от специфики применения

# Внедрение Falcon SB750 на ЗИФ рудника «Джульетта»

Автор: Данила Самосий

**В июне 2014 года на золотоизвлекательной фабрике рудника «Джульетта» (ЗАО «Омсукчанская горно-геологическая компания») специалисты компаний «Sepro Mineral System» и «ПРО Евразия» провели шеф-монтаж и ввод в эксплуатацию гравитационного концентратора Falcon SB750 для доизвлечения золота из хвостов флотации.**

До установки концентратора и внедрения операции гравитационного обогащения золота на ЗИФ «Джульетта» применялась технология, включающая в себя следующие основные технологические операции:

- двухстадийное дробление руды;
- измельчение дробленой руды в одну стадию в замкнутом цикле с гидроциклоном. Крупность слива 80 % класса минус 0,074 мм;
- флотационное обогащение измельченной руды (две основные операции, контрольная и перечистная флотация);
- прямое цианирование флотационного концентрата;
- цементация золота и серебра из раствора цинковой пылью в цикле Меррилл Кроу;
- плавка цинксодержащего осадка и получение золотосеребряного сплава.

Производительность фабрики по руде составляет 465 т/сут, среднее содержание золота в руде — 6,31 г/т. Общее извлечение золота до внедрения гравитационного концентратора составляло 91,4 %.

Ранее проведенные лабораторные исследования исходной руды и продуктов обогащения ЗИФ «Джульетта» выявили потенциальную возможность извлечения золота гравитационными методами как из исходной руды, так и из продуктов обогащения.

Внедрение операции гравитационного обогащения на действующей ЗИФ «Джульетта» на основе отсадочных машин и концентрационных столов имело следующие ограничения:

1. Отсутствие необходимых площадей для размещения оборудования.
2. Высокие капитальные затраты на выполнение строительно-монтажных работ.
3. Необходимость корректировки водно-шламовой схемы.

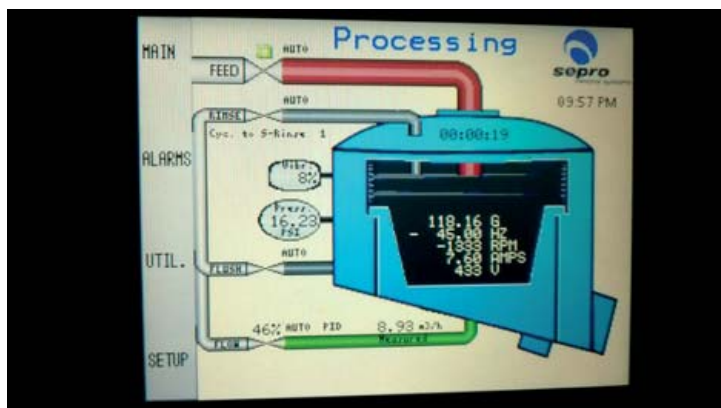


Выбор технологов в пользу гравитационных концентраторов как технологического оборудования гравитационного цикла был сделан ввиду их компактности, а также практически отсутствующей вибрационной нагрузки на строительные конструкции, что существенно снижает капитальные затраты на строительные-монтажные работы.

Решение технологов об установке гравитационного концентратора на хвостах флотации было принято с учетом следующего:

1. Установка концентратора на хвостах флотации не требует существенной корректировки водношламовой схемы фабрики, а также не оказывает никакого влияния на процесс флотации (основной технологический процесс).
1. Имеется возможность организовать подачу полученного концентрата по закрытой трубе, исключая к нему свободный доступ персонала, в контейнер сбора флотоконцентрата. Данное техническое решение не требует внесения изменений в действующую на предприятии инструкцию сохранности драгоценных металлов.

Выбор торговой марки концентратора производился специалистами ЗИФ рудника «Джультетта» с учетом комплексного сравнения технологических особенностей конструкций гравитационных концентраторов различных производителей, капитальных и эксплуатационных затрат, а также потенциального экономического эффекта.



Основные преимущества концентраторов Falcon, которые сыграли решающую роль в финальном выборе производителя оборудования, были следующими:

1. Компания «Сепро» предлагает своим заказчикам концентраторы Falcon SB третьего поколения, позволяющие развивать центробежную силу вплоть до 200 G.
2. Все преимущества от высоких значений G достигаются только при использовании концентраторной чаши Falcon двухзонного типа.
3. Расход оживающей воды концентраторов Falcon в два раза ниже, чем у конкурентов на аналогичных по производительности машинах.
4. В концентраторах Falcon нет необходимости менять весь конус, конструкция чаши концентратора Falcon имеет три сменных изнашиваемых рабочих части, и их восстановление не взаимосвязано:
  - высокопрочный нихардовый импеллер, который разгоняет пульпу до скорости вращения чаши, тем самым снижает износ футеровки чаши. Конструкция импеллера проста, его замена не требует сложных манипуляций и при предварительной подготовке занимает не более 15 минут;
  - футеровка конической части чаши концентратора может быть выполнена из полиуретана, резины или керамики. Восстановление футеровки, в том числе керамической, вполне доступно персоналу фабрики;
  - разгрузочное кольцо — верхняя часть чаши концентратора, которая крепится болтами.
5. Концентратор Falcon требует значительно меньше времени на обслуживание флюидизационных отверстий по сравнению с концентраторами конкурентов.

За период с июля 2014 г. по январь 2015 г. (214 суток) дополнительный прирост золота в товарный продукт за счет гравитационного обогащения составил 28058,61 г. Срок окупаемости внедрения операции гравитационного обогащения на базе концентратора Falcon SB750 составил менее трех месяцев, с учетом капитальных и эксплуатационных затрат.

Таким образом, по итогам полугодовой работы концентратор Falcon SB750 полностью оправдал возлагаемые на него надежды.

# Подходы специалистов «ПРО Евразия» в подготовке песков к обогащению

Любая технология обогащения россыпных месторождений, как и обогащение любого другого материала, обязательно включают в себя операции, обеспечивающие следующие процессы:

- Отделение ценного компонента от вмещающего материала;
- Подготовка материала к обогащению;
- Непосредственно концентрация ценного компонента.

Особенностью обогащения россыпей является то, что:

- отделение ценного компонента происходит в процессе дезинтеграции и не требует измельчения материала;
- подготовка материала к обогащению, как правило, ограничивается классификацией, т.е. разделением материала на классы крупности (грохочение);
- для концентрации ценного компонента используются процессы гравитационного обогащения.

Дезинтеграция, классификация и гравитационное обогащение, как три кита, являются опорой при построении практически любого промывочного прибора для обогащения россыпей и позволяют обеспечить эффективное выделение ценного компонента в первичный концентрат (шлих) и получение отвальных хвостов (эфелей). Грамотное соотношение технологических параметров и аппаратурное оформление этих трех операций позволяет повысить эффективность обработки месторождений, что актуально при вовлечении в обработку россыпей с постоянно снижающимися содержаниями ценных компонентов.

В настоящее время основная часть специалистов золотодобывающей отрасли, как правило, обсуждают только процессы и оборудование, связанные непосредственно с обогащением, при этом забывают или не уделяют должного внимания раскрытию ценного компонента и подготовке материала к обогащению!

Предлагаем рассмотреть один из возможных вариантов построения технологических схем с точки зрения увеличения эффективности дезинтеграции и подготовки материала. При этом ничего абсолютно нового или внезапных открытий не будет.



## Дезинтеграция

Независимо от содержания глины и промывистости песков наиболее эффективна механическая дезинтеграция. Процесс механической дезинтеграции оптимально проводить при высоком соотношении Т:Ж (50–60 % твердого по массе), в основном используя энергию трения и соударения кусков дезинтегрируемого материала.

Существует мнение, что объединение дезинтеграции, классификации и промывки в одном аппарате проще и выгодней. Возможно это так, если рассматривать с точки зрения закупа оборудования или при организации промывки легкопромывистых песков. В случае промывки средне- и тяжелопромывистого материала объединение этих процессов в одном аппарате — существенная ошибка.

Во-первых, барабанные грохоты — не самые эффективные классифицирующие аппараты, а при уменьшении крупности разделения, необходимой для вывода наибольшего количество материала в отвал, их эффективность падает.

Во-вторых, оптимальная скорость вращения (0,7–0,8 от критической) глухого става скруббер-бутары, необходимая для эффективной дезинтеграции материала, отличается от оптимальной скорости вращения (0,3–0,4 от критической) барабанного грохота (бутары).

Именно по этим двум причинам совмещение процессов дезинтеграции, классификации и промывки в скруббер-бутаре не позволяет эффективно работать на материалах, не относящихся к легкопромывистым, но даже и для легкопромывистых материалов будет высока вероятность потерь ценного компонента с галей за счет эффективности грохочения. Вывод: дезинтеграцию и классификацию необходимо разделить для переработки любого типа сырья.

Применение энергий трения и соударения кусков дезинтегрируемого материала требует обеспечить их подъем. Для этого скруббер должен быть оборудован лифтерами, обеспечивающими подъем материала, и футеровкой, защищающей барабан от ударных воздействий и износа по всей длине барабана. Один из производителей таких скрубберов (рис. 1) — компания «Sepro Mineral Systems» (Канада).



**Рис. 1.**  
Внутренний вид барабана высокоэффективного скруббера «Sepro Mineral Systems»

При этом наличие некоторого количества гали (рис. 2) в скруббере способствует повышению эффективности дезинтеграции, расход воды при этом находится в пределах 1,0–1,6 (до 2,0) м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> промываемого материала, а качество дезинтеграции в разы выше, чем при простой размывке материала значительным количеством воды, пусть и под давлением. По сути, это получается мельница без шаров. Промывка глинистых песков при этом происходит весьма эффективно.

В большинстве современных скруббер-бутар (рис. 3, 4) в глухом стае размещают штыри, уголки и прочие приспособления, одна из целей которых — дезинтеграция, но в процессе работы со временем они замазываются глиной и перестают работать так, как это было задумано. Кроме того, наличие сеющего става позволяет глине накатываться обратно в шары (рис. 5). Наличие футеровки и лифтеров существенно увеличивает массу барабана и мощность привода, что в конечном итоге влияет на стоимость оборудования. Однако при этом лифтеры в скруббере по всей длине барабана позволяют практически полностью исключить возможность накатывания шаров с золотиными («яйца Фаберже»).



**Рис. 2.**  
Внутренний вид барабана скруббера «Sepro Mineral Systems» после остановки



**Рис. 3.**  
Внутренний вид барабана скруббер-бутары



**Рис. 4.**  
Внутренний вид барабана скруббер-бутары другого производителя



**Рис. 5.**  
Галька из скруббер-бутары (отработка песков с высоким содержанием глины)

## Грохочение

Применение вибрационных грохотов с системой орошения позволяет повысить качество классификации, а также совместить ее с промывкой уже дезинтегрированного материала. Средний расход воды для мокрого грохочения составляет в пределах 0,8–1,2 м<sup>3</sup> воды на 1 м<sup>3</sup> промываемого материала.

Необходимо отметить, что вывод в надрешетный продукт пустого материала позволяет не только сократить нагрузку на последующие операции гравитационного обогащения, но также повысить содержание ценного компонента в питании.

Так, выделение материала крупнее 10–12 мм в эфеля позволяет в 1,5–2 раза сократить количество материала, поступающего на гравитационное обогащение и соответственно во столько же увеличить содержание ценного компонента.

Основной проблемой применения вибрационных грохотов с размерами ячеей 10–20 мм и менее было использование проволочных сит, срок службы которых не превышал 1,5–2 недели, а использование резиновых поверхностей существенно уменьшало живое сечение и требовало увеличения размеров грохота. Современные качественные полиуретановые сита лишены этих недостатков, а модульное исполнение просеивающих поверхностей позволяет сократить время, необходимое для замены изношенных панелей.

Кроме того, использование высокочастотных грохотов с малой амплитудой колебаний позволяет не только повысить эффективность грохочения на мелких классах, но и исключить забивание ячеек так называемыми «трудными» зёрнами. Дело в том, что высокочастотные колебания просеивающей поверхности способны передавать частицам материала ускорения до 15–20 g, что способствует самоочистке просеивающей поверхности. Поэтому применение высокочастотных грохотов на классификации мелких классов более предпочтительно, чем обычных инерционных.

подавляющее большинство промывочных приборов в качестве основного обогатительного аппарата используют шлюзы. Широкое распространение шлюзы получили не только исключительно из-за их простоты и дешевизны в изготовлении и эксплуатации, а также из-за высокой степени концентрации, достигающей значений 1500–2000 и выше. Для организации работ по промывке на шлюзе необходима, по сути, только вода и, разумеется, пески — нет ничего проще! При этом средний расход воды колеблется от 10 до 20 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> песка, в зависимости от крупности подаваемого материала. Однако подача на шлюзы частично классифицированного (ограничение верхних классов крупности) или полностью классифицированного (ограничение верхних и нижних классов крупности) материала позволяет не только повысить эффективность извлечения (в том числе и мелких классов) ценных компонентов, но и сократить расход воды, подаваемой на шлюзы вплоть до 5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> песка.

Несмотря на то что эти процессы известны и хорошо изучены с середины прошлого века, к сожалению сейчас на практике этими знаниями редко пользуются, зачастую продолжая подавать на шлюз неподготовленные пески, осуществляя обогащение и частичную дезинтеграцию непосредственно на шлюзах, что приводит не только к сносу ультратонких частиц драгметалла, но и достаточно крупных, которые в нормальных условиях могли бы остаться в шлихе.

На этом можно сделать паузу, т.к. организация классификации песков по узким классам крупности в голове процесса позволяет не только оптимизировать процесс обогащения на шлюзах, но и использовать иные гравитационные аппараты, в том числе отсадочные машины, винтовые сепараторы, гравитационные концентраторы и т.д.

## Заключение

Если посмотреть на фотографии гали при отработке песков с высоким содержанием глины после скруббер-бутары (рис. 5, с. 19) и сочетания скруббера с вибрационным грохотом (рис. 6), на глаз определить, сколько и где золота уходит с галей, тяжело, но очевидно, что на первой фотографии потери будут выше, а ведь мы еще не приступили непосредственно к операции обогащения.

Конечно, экономическую выгоду от грамотного построения схемы подготовки материала перед обогащением увидеть сложно — на данной стадии мы ничего не извлекаем, а только готовимся к этой операции. Поэтому увеличение количества оборудования и капитальных вложений многие рассматривают как недостаток, хотя экономия на стоимости оборудования дезинтеграции и классификации в конечном итоге обходится дороже в процессе эксплуатации за счет постоянных потерь металла с эфелями, бесполезных затрат на перекачку воды и транспортировку ценного компонента, который даже не попадает в процесс обогащения.

Но один раз вложенные деньги в правильно выбранное оборудование подготовки материала позволяют увеличить доход в период всего срока эксплуатации этого оборудования.



**Рис. 6.**  
Вид гали после скруббера  
и вибрационного грохота  
(отработка песков с высоким  
содержанием глины)



## ПРО Евразия Москва

**Официальный представитель Sepro Mineral System и iCON Gold Recovery на территории России, стран СНГ и Средней Азии.**

125284, Москва, Петровско-Разумовская аллея, д. 10, к. 1.

Телефон: +7 (499) 681-32-98

Факс: +7 (499) 681-32-99

E-mail: [Info.Moscow@proeurasia.ru](mailto:Info.Moscow@proeurasia.ru)

**Самосий Данила Александрович**

*Руководитель технического отдела*

Моб. тел.: +7 (926) 224-02-30

E-mail: [Danila.Samosiy@proeurasia.ru](mailto:Danila.Samosiy@proeurasia.ru)

**Исаев Степан Владимирович**

*Заместитель Генерального директора*

Моб. тел.: +7 (926) 224-02-12

E-mail: [Stepan.Isaev@proeurasia.ru](mailto:Stepan.Isaev@proeurasia.ru)

## ПРО Евразия Екатеринбург

**Региональное отделение iCON Gold Recovery и ООО «ПРО Евразия» в Уральском регионе.**

Телефон/Факс: +7(343) 385-65-35

Моб.тел.: +7(912) 611-09-19; +7(932) 121-22-87

E-mail: [alexander.dolgikh@proeurasia.ru](mailto:alexander.dolgikh@proeurasia.ru)

**Руководитель отделения: Долгих Александр Анатольевич**

## ПРО Евразия Междуреченск

**Региональное отделение iCON Gold Recovery и ООО «ПРО Евразия» в Сибирском федеральном округе.**

652870, Кемеровская обл., Междуреченск,

пр. Коммунистический, 26/3.

Телефон/Факс: +7 (38475) 222-31

Моб. тел.: +7 (923) 479-51-23

E-mail: [Denis.Bekk@proeurasia.ru](mailto:Denis.Bekk@proeurasia.ru)

**Руководитель отделения: Бекк Денис Владимирович**