



Современное состояние и перспективы применения отсадки в схемах извлечения золота из руд и россыпей



Хенк ван Мёэн —
коммерческий
директор IHC Mining BV



Светлана Кони́на —
операционный директор
Royal IHC по России и СНГ

Введение

Отсадка — один из методов обогащения, который в последние годы все меньше применяется в обогатительных схемах для извлечения золота, несмотря на огромный прогресс, который был достигнут за последние 10–15 лет, в развитии технологий и оборудования, применяемого в данном процессе.

Отсадка как метод для извлечения золота применяется все реже по причине того, что традиционно используемые в этих схемах машины выглядят недостаточно эффективными аппаратами. В последнее время получило развитие большое число иных аппаратов, и чаще всего при обсуждении гравитационного обогащения обсуждается сразу применение чего-то иного, а вот рационально или нерационально бывает такое применение на практике — об этом мы отчасти поговорим в этом материале. В рудных схемах в последние годы все чаще обращаются к центробежной концентрации, на россыпных схемах — предпочитают останавливаться на том, что было известно еще задолго до отсадочных машин — на шлюзах. Но в редких случаях также обсуждают еще какие-то комбинации шлюзов с концентраторами и подобным оборудованием, с концентрационными столами, минуя отсадочные машины. Почему так происходит, по объективным или по субъективным причинам, что это за причины, с какими отсадочными машинами связаны, можно ли здесь что-то изменить, мы также обсудим в этой статье. Мнение авторов состоит в том, что не бывает плохих или хороших аппаратов, всему свое время, место и мера — если эти три условия соблюдены, то любому аппарату найдется соответствующая ниша и соответствующая применимость с достаточной эффективностью. Это касается любого, подчеркнем еще раз, аппарата и непосредственно отса-

дочных машин, в частности. Кроме того, авторы данной статьи считают важным напомнить, что практически никогда в промышленной практике не удается найти простого и эффективного при этом решения с использованием лишь одного-единственного «чудо-прибора» — как правило, эффективное решение требует некоторого сочетания разных единиц в общей схеме, а зачастую и разных видов оборудования. Принципы построения таких схем мы также обсудим в данной статье ниже.

Особенности гравитационного обогащения

Специфика схем гравитационного обогащения состоит в том, что традиционно не так много внимания в таких схемах уделяется подготовке исходного материала, особенно тогда, когда речь идет о россыпном материале. Считается, что он уже сам по себе не требует особых ухищрений, кроме как разве что отделения крупных валунов или чего-нибудь в этом роде, а дальше все остальное достаточно распульповать и подать на мокрый процесс разделения.

В схемах рудных есть несколько более привычная специфика, с рудоподготовкой в голове процесса для обеспечения требуемой крупности питания и высвобождения свободных зерен и, по крайней мере, для уменьшения размера сростков и снижения доли пустой породы в этих сростках для того, чтобы более эффективно извлечь, соответственно, свободные частицы извлекаемых драгметаллов или сростки породных минералов с драгметаллами, даже если это сростки. Тем не менее, даже там на практике встречается свой «экстремизм» в подходе к подготовке питания. Для рудных схем чаще всего это «чересчур» большое увлечение

измельчением — измолоть все в пудру и дальше пытаться с этим что-то делать. Как правило, в этом случае что-то делать гравитационным обогащением просто физически поздно. А на россыпях, увы, наблюдается обратная картина — примитивизация подготовки исходного питания перед обогащением. И там, как правило, вести какое-то гравитационное обогащение без соответствующей подготовки — выходит чаще всего неэффективно, потому что слишком рано, т.к. материал не готов к эффективному разделению.

Что значит «готов, не готов»? Вся гравитация стоит на одном простом принципе, называется он — равнопадаемость. Это специалистам, вроде как, должно быть хорошо известно еще с первых курсов института, но почему-то при практической разработке схем это основополагающее понятие забывается. Равнопадаемость заключается в том, что частицы разной плотности падают в определенной среде (например, в пульпе) с разной скоростью при одинаковом их размере. Соответственно, падают одновременно частицы разной плотности, если они разных размеров: меньшие — с большей плотностью, а большие — с меньшей плотностью. Это дает как раз возможность разделять материал, если он одной крупности — по плотности. Разделение по плотности получается эффективнее в потоке. Особенно эффективно получается разделение, если направление разделения перпендикулярно потоку, а не совпадает с ним.

Такой подход дает возможность, соответственно, отсаживать (откуда и происходит слово «отсадка») более тяжелые зерна сростков, собственно свободного металла или иных тяжелых минералов из потока пульпы, а потоком выносить далее легкий класс,

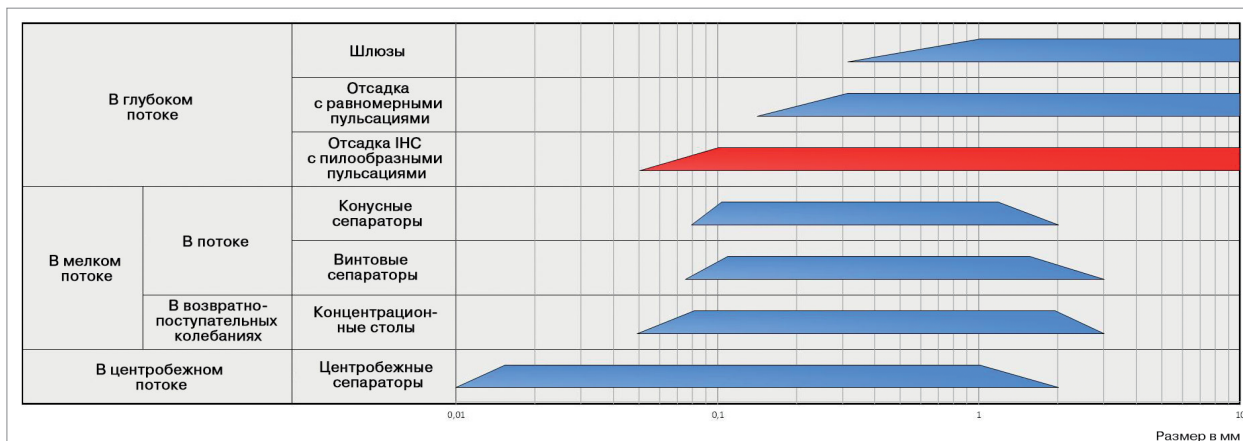


Рис. 1. Диаграмма извлекаемости различных классов крупности золота различными типами аппаратов гравитационного обогащения

т.е. пустые зерна или существенно обедненную часть сростков в хвосты. Для этого можно построить соответствующие циклы извлечения, как по концентратной линии (перечистки), так и по хвостовой (контрольные операции).

Почему важно помнить, что в одну операцию ничего эффективно разделить нельзя? Конечный концентрат все равно потребует нескольких перечисток в силу того, что требуются разные скорости, как осаждения, так и перемещения пульпы, которая будет унесена далее в хвосты. Это потребует разного наложения сил поперечных потоков, чтобы отсадить нужный материал и освободить его от ненужного. По мере того, как концентрат перемещается от стадии к стадии перечистки, исходное питание для очередной стадии становится все более тяжелым по удельному весу и требует все более энергичных усилий по разделению. Равно как в них возрастает концентрация полезного и, соответственно, от перечистки к перечистке это потребует большей осторожности при разделении, чтобы не удалить лишнего. На хвостовой линии, для контрольных операций, в свою очередь, тоже потребуются больше деликатных усилий для того, чтобы количество ценного продукта, который ушел с хвостами, доуловить, учитывая то, что это более разбавленный пустым материалом поток более широкой шкалы крупности. Для этого делают соответствующие операции по подготовке потока к каждой очередной соответствующей операции, добавляя или удаляя лишнюю воду и сужая шкалу крупности разделяемого такой операцией материала.

Сложившаяся практика применения аппаратов. Работа над ошибками

В первую очередь, — естественно, производится разделение по крупности. Чаще всего это делается в операциях грохочения либо классификации. Чем более узкая шкала крупности оста-

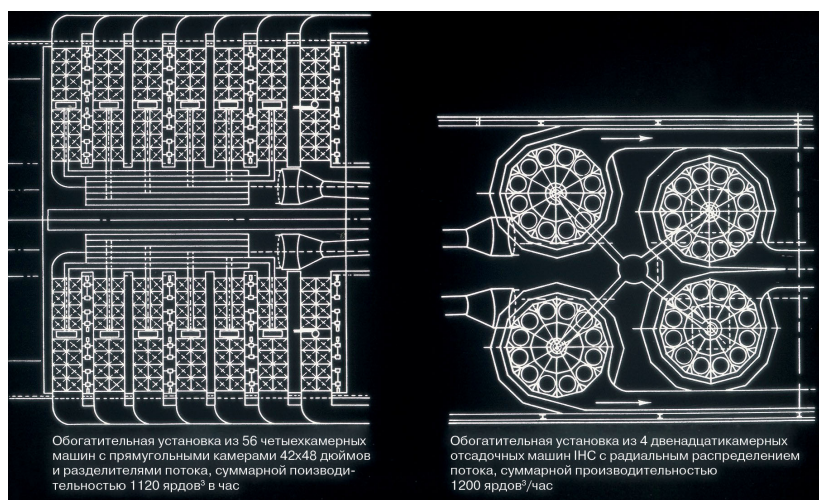


Рис. 2. Сопоставление прямоугольных и круглых отсадочных машин при одинаковой производительности установки

ется на операции, тем более эффективно такая операция грохочения. Чем более освобождены зерна минералов друг от друга, тем операция грохочения эффективнее, поэтому, соответственно, чем лучше дезинтеграция в самом начале процесса, тем эффективнее дальнейшее обогащение. Чем меньше лишней воды, тем меньше скорость потока, тем тоже обычно выше эффективность разделения, потому что меньше влияют все факторы, которые действуют в потоке на частицы: турбулентность потока, форма и парусность зерен и иные факторы. Это следует учитывать при выборе логики построения как основных, так и дополнительных перечистных и контрольных операций. Здесь важно помнить и еще одно положение из классики: очевидный принцип, хорошо известный из теории, но сплошь и рядом по какой-то странной причине на практике игнорируемый — более трех одинаковых аппаратов в трех последовательных операциях применять неэффективно. Значит, более трех отсадочных машин подряд — плохо, более трех концентрационных столов подряд — плохо, более трех еще каких-

то самых чудесных сепараторов подряд — плохо. Не в смысле «плохо» или «хорошо», а в смысле «неэффективно».

Еще одно очень важное положение, которое тоже следует помнить, но которое, увы, почему-то очень часто забывают. Гравитационное разделение условно подразделяется на разделение в глубоких потоках и в мелких потоках. Это легко проиллюстрировать на хорошо известном всем примере шлюзов. Шлюзы глубокого наполнения — это аппарат глубокого потока, шлюзы мелкого — очевидно, мелкого. Отсадка — это типичный аппарат глубокого потока. Концентрационный стол — типичный аппарат мелкого потока, как и, например, центробежный концентратор, какого бы большого размера он ни был. Это важно помнить, потому что основные операции обогащения, операции первых дополнительных стадий, как грубых перечистных, так и первых контрольных — это обычно типичные операции глубокого потока, а доводочные операции — всегда операции мелких потоков. ▶



Рис. 3. Круглые отсадочные машины устаревшей конструкции

Что из всего этого следует? Если сырье хорошо подготовлено, если оно идет на правильно выбранную операцию, если первая основная операция строится эффективно, строится в адекватном аппарате, т.е. в аппарате глубокого наполнения, — то эту операцию несложно сделать эффективной. Типичные ошибки и проблемы случаются, когда-либо на аппараты глубокого наполнения подается неподготовленный, плохо дезинтегрированный или неклассифицированный материал, либо подготовленный материал, но отправляется сразу на аппарат мелкого наполнения, в таких случаях лишних потерь крайне сложно избежать.

Это выглядит как общеизвестная очевидная истина, и, вроде, все учат ее в институте, однако на практике очень часто почему-то забывают и сплошь и рядом делают не как надо, и даже если хотели бы как лучше, а получается «как всегда». Напоминаем здесь о том, как правильно, для того, чтобы была понятна логика дальнейшего изложения.

Оптимизация процесса обогачения. История и техника вопроса

Так или иначе, отсадка — это процесс, в котором горизонтально подаваемый поток пульпы, содержащий то или иное полезное ископаемое, разделяется под действием силы тяжести по плотности и иных наложенных на поток сил, отделяя материал с большей плотностью в нижний продукт и удаляя материал меньшей плотности в слив аппарата, благодаря пульсации, направленной вертикально, поперечно потоку. Пульсации эти в различных конструкциях отсадочных машин могут создаваться различными инструментами: диафрагмами, поршнями и т.д. Конструкции эти сильно разнятся в силу того, что приме-

няются эти разные конструкции для разной деятельности, для различных полезных ископаемых — от угля и алмазов (сравнительно легких минералов) до золота и платины (наиболее тяжелых минералов), а также для спектра иных полезных ископаемых — титан-циркониевых песков, олова, вольфрама, цветных металлов и т.п. В классике обогащения драгоценных металлов обычно применяют диафрагмовые отсадочные машины, однако и они имеют массу различных конструкций: с боковой диафрагмой, нижней диафрагмой, и т.п.

Разделяются машины еще и по конструкции камер. Наиболее широко распространены остаются до настоящего времени машины с прямоугольными камерами. Эти камеры в свою очередь могут устанавливаться как в один ряд одна за одной в линию, так и секциями в несколько камер в ряд и несколько таких рядов с совмещенными бортами. Для таких машин с прямоугольными камерами чаще всего характерно наличие симметричных пульсаций диафрагмы, с равноразмерным ходом вверх-вниз, а также то, что подаваемая снизу в камеру машины так называемая «подспиготная» вода, подается для того, чтобы:

- А.** Компенсировать потери потока, который через эти же спиготы разгружает концентрат вместе с водой.
- Б.** Поддерживать постель отсадочной машины — ее основное улавливающее устройство — в требуемом разрыхленном, а следовательно в уловистом состоянии.

Подаваемая таким образом вода превышает объем разгрузки, поскольку несколько таких камер устанавливается практически всегда в ряд (однокамерные отсадочные машины крайне редки

в практике), и получается, что поток по протяжению линии камер за счет подачи подспиготной воды ускоряется. То есть возможности разделения в нем, особенно — в отношении разделения более мелких зерен, ухудшаются по длине отсадочной машины.

Для того, чтобы преодолеть этот негативный эффект, достаточно давно была разработана идея трапецеидальной камеры, где камера расширяется от загрузочного кармана к разгрузочному порогу, благодаря чему достигается эффект замедления потока, а соответственно, постепенно, по ходу потока условия разделения и осаждения извлекаемого компонента, в т.ч. его мелкой фракции, по крайней мере не ухудшаются, а при определенных условиях — и улучшаются. Это позволяет извлекать более мелкие частицы в конце камеры, уменьшить потери таких частиц с хвостами, позволяет извлекать частицы меньшей плотности, например, те же самые сростки, которые к концу камеры, по крайней мере, частично, могут извлекаться в концентрат.

Изобретение компании IHC. Отсадочные машины повышенной извлекаемости

Для того, чтобы скомпоновать сравнительно неудобные трапецеидальные машины, изначально их было решено объединить в радиально скомпонованную конструкцию, не деля их при этом на отдельные секции, а создавая единую кольцевую конструкцию. В центр кольца, таким образом, подается питание, распределяясь по внутренней периферии кольца, а по его наружной части — производится разгрузка хвостов. Такие машины были разработаны одновременно несколькими производителями и компанией IHC в том числе в 1920-х годах. У нас в России они стали известны по одному из объектов, на котором они были установлены, и назывались «машины Кливленд». Надо сказать, что круглая (кольцевая) отсадочная машина с загрузкой в центре круга не является наиболее легко вписываемой в прямоугольные площадки обогатительных сооружений, хотя зачастую вписывается удобнее, чем несколько трапеций, расположенных в ряд. В этом смысле прямоугольная машина обычно выглядит более компактно устанавливаемой, вследствие чего предпочтения долгое время отдавались прямоугольным машинам, отодвигая на второй план те негативные аспекты работы их конструкций, о которых сказано выше.

Понятно, что в наших холодных северных условиях без зданий не обойтись. Даже сезонно работающие сооружения в северных условиях требуют теплоизолированных зданий, отапливаемых даже в весенне-осенние, а места-

ми и в летние периоды. Такое здание требует соответствующего освещения, отопления, содержания и т.п. достаточно высоких затрат при эксплуатации, поэтому на здании желательно экономить. Но обратная сторона такой экономии, иногда ложно понимаемой, это установка вместо эффективного оборудования того оборудования, которое легче вписывается, хоть и является менее эффективным. Это касается не только зданий стационарных обогатительных фабрик, но и обогатительных установок на драгах. Отсюда следует значительно большая распространенность машин с прямоугольными камерами в российской практике как переработки рудного сырья, так и переработки россыпного сырья.

Круглые машины применялись фрагментарно и собственно по факту их опытного применения в 1960–1970-х гг. в Советском Союзе, как говорится, «не пошли». К ним долгое время не возвращались, считая их достаточно сложным устройством, и не без основания, в связи с тем, что неделимый круг не давал возможности набирать какие-то дробные производительности, как это, например, можно было делать с теми же прямоугольными машинами. МОД-2 (Машина отсадочная диафрагмовая), скомпонованная попарно, давала МОД-4 т.е. вдвое большую производительность при том, что это фактически достаточно компактно совмещаемые 2 аппарата. Выпускались и до сих пор выпускаются машины с разной площадью камер, что дает возможность гибко подобрать и сконструировать установку для любой требуемой производительности.

С круглыми машинами это долгое время не получалось с той же легкостью, поскольку неделимый круг был уже весьма производительным и сложным в изготовлении и эксплуатации аппаратом, и производить круглые аппараты иных — больших и меньших — размеров было сложно в производстве и еще менее эффективно в эксплуатации.

Тем не менее, в конце 1980-х годов были разработаны и в 1990-х годах были выпущены Новосибирским заводом «ТРУД» такие круглые машины (серия машин «ТРУД»). Это, конечно, было сделано с заметным опозданием против мировой практики и с некоторым недоучетом того, что к тому времени уже в мировой практике накопилось

А что к тому времени произошло — компания ИНС перешла от производства неделимого круга к делимому, набираемому из 12 трапециевидальных камер, из которых можно было набрать как полный круг (12 камер), так и сектора — от 11 и менее и вплоть до 1 камеры, в зависимости от требуемой произво-

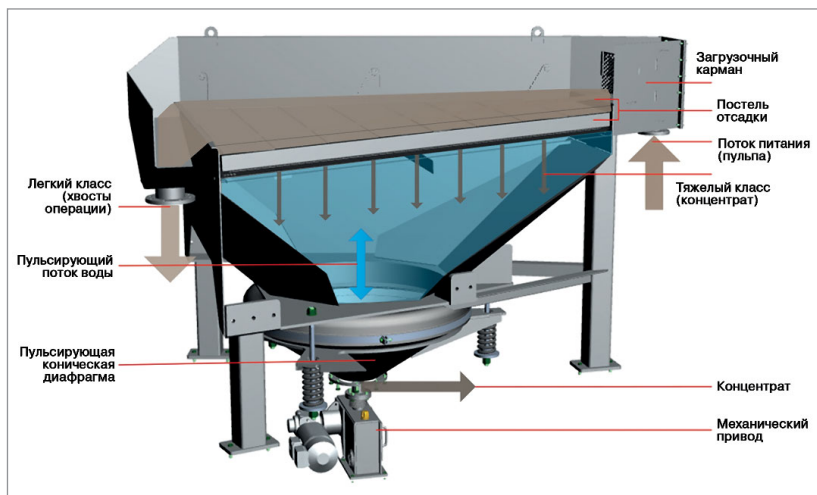


Рис. 4. Трапециевидная камера отсадочной машины конструкции ИНС

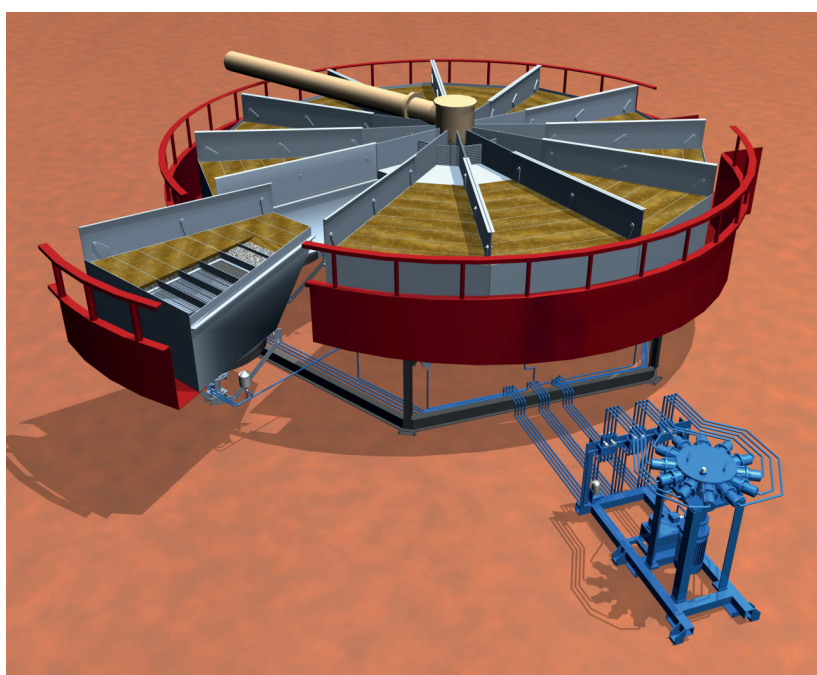


Рис. 5. Отсадочная машина конструкции ИНС с 12-ю камерами

дительности, при этом производя три различных типоразмера таких камер и имея способность таким образом набирать нужную производительность таких машин, отталкиваясь от производительности отдельной камеры.

И устанавливать, если удобно, вместо круга из 12 камер, например, секции по три камеры в промприборах для обогащения россыпей или по 6 таких же камер, скомпонованных полукругом, по борту 250 л драги — с одной стороны дражной бочки и с другой, дополняя их 2–3 камерами меньшего типоразмера по борту для пречистки концентратов 1-й стадии, что давало возможность маневра камерами, маневра производительностью, при одинаковой номенклатуре изделий. Существенной важной отличительной чертой таких машин, в отличие от большинства машин, включая отечественные машины «ТРУД»,

было и остается то, что такие машины намного более ремонтпригодны и существенно дешевле в эксплуатации за счет того, что имеют при многокамерной конструкции одинаковую конструкцию камер, но различные варианты гидромеханического привода — на 2 камеры и более привод один, а не столько двигателей, редукторов и проч., сколько камер. За счет гидромеханической конструкции получается, что 1 электромотор и 1 гидравлическая система дает возможность обеспечить пульсацию в одной камере, в двух, в двенадцати — не важно — мотор все равно остается один, в отличие от конструкций предыдущего поколения, где 1 камера = 1 мотор. Важно помнить, что лишний двигатель — это не только сам двигатель, но и редукторы, муфты и все остальное, что требуется обслуживать, ремонтировать, что может ломаться иногда по ходу работы, требует соот-

ТЕХНОЛОГИИ

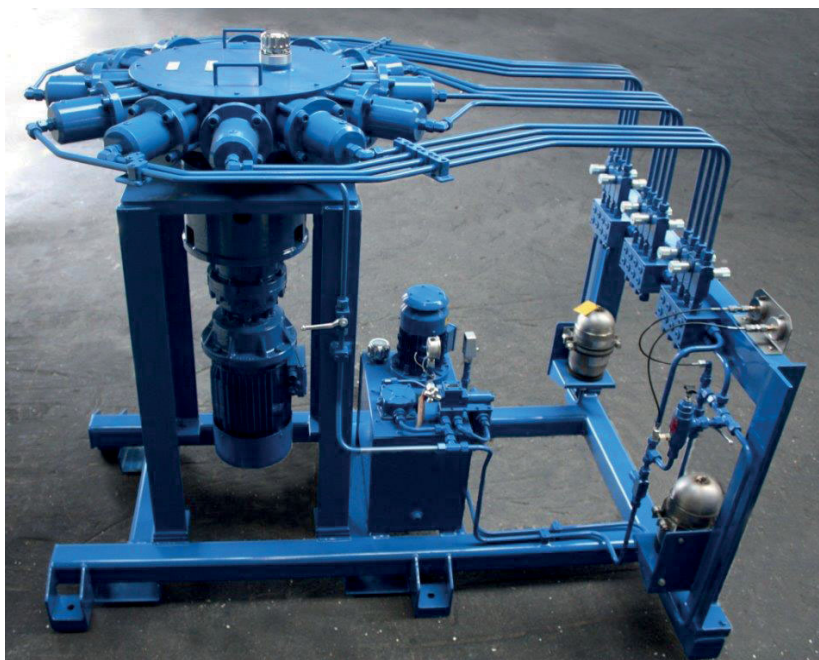


Рис. 6. Гидромеханический привод отсадочной машины конструкции IHC

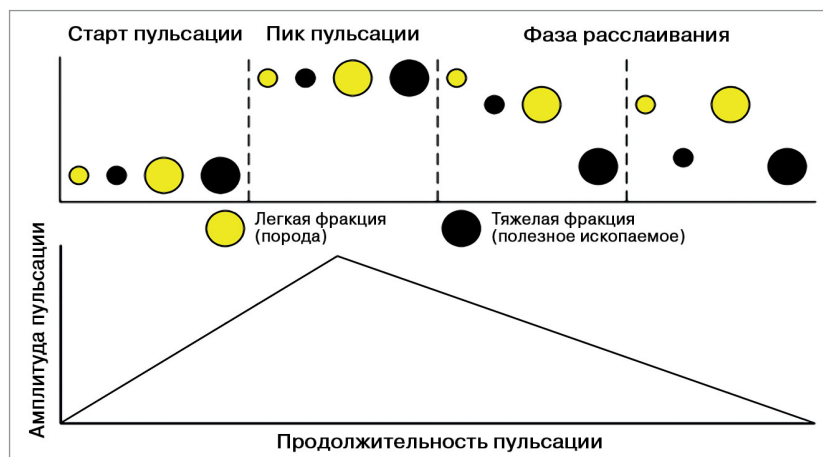


Рис. 7. Диаграмма цикла пилообразных пульсаций отсадочной машины IHC

ветствующих остановок, особенно чувствительных в короткий промывочный сезон, замены, потери производительности, потери денег, в конце концов.

В конструкции машины IHC это устранено: меньше такого, что ломается, меньше того, что требует внимания и обслуживания, легче это обслуживать, легче делать это по плану, а не по поломке. И совмещение гидравлики с механикой дает возможность за счет использования гидравлики иметь меньше механических элементов и соответствующих проблем с их обслуживанием, ремонтами и т.п.

Примерно то же касается и системы подачи подрешетной (подспиготной) воды. Она обеспечивает подачу не покамерно, а единой системой на все устанавливаемые камеры, с соответствующей регулировкой и распределением по ним, что позволяет тратить

меньше энергии на подачу такой воды. Однако наиболее важной отличительной особенностью машин IHC, в отличие от большинства других машин, включая машины «ТРУД», является то, что еще в 1970-е годы для них была разработана система пилообразной пульсации. Как уже было сказано выше, в большинстве машин с прямоугольными камерами и в машинах с круглой камерой, в т.ч. в машине «ТРУД» пульсации симметричные, с одинаковым импульсом вверх (на напор) и вниз (на всас). Движение диафрагмы вверх для придания постели разрыхленного состояния и для подбрасывания в поток частиц и придания дополнительного импульса для легких частиц, уносимых благодаря этому вместе с потоком в разгрузку хвостов операции, и движение вниз, которое обеспечивает ускоренное попадание тяжелых частиц в постель и сквозь нее, далее — в спиготы и в разгрузку концентрат-

тов — как уже сказано, симметрично у большинства конструкций. У машин IHC — движение пилообразно, ассиметрично: резкий сильный подброс вверх и медленный и плавный всас обратно позволяют более энергично разрыхлять постель и уносить из нее в верхнюю часть потока легкие зерна, радикально экономя подспиготную воду и не разбавляя без лишней надобности поток пульпы в камере, а также не спрессовывать постель на всасе, обеспечивая плавное и быстрое осаживание тяжелых зерен внутри постели и полное извлечение их в концентрат, с минимумом потерь, которые еще более сокращаются за счет снижения скорости потока пульпы в расширяющейся трапецидальной камере при пониженном объеме подспиготной воды, подаваемой лишь для компенсации выбывающего с разгрузкой концентратов объема.

По сочетанию этих причин машины IHC заметно обходят по эффективности названные выше традиционные конструкции отсадочных машин.

Что важно еще при этом учитывать — так или иначе, имеется определенная эмпирическая зависимость числа пульсаций, которые должны наложиться на горизонтальный поток для того, чтобы максимально эффективно и полно уловить частицы, в особенности — наиболее тонких из улавливаемых отсадкой классов. Как правило — это 6–7 пульсаций на поток (при постоянном, не увеличивающемся по ходу отсадки объеме потока). При обычных нормальных скоростях потока это требует соответствующей длины камеры. В машине IHC, благодаря размеру камеры, их получается 7 — т.е. гарантированное улавливание частиц, для золота составляющих размер до 50 микрон.

Легко заметить поэтому, что традиционное отношение к отсадке как к процессу, эффективно извлекающему лишь частицы не мельче 200 микрон, для машин IHC уже неоправданно. Важной особенностью машин IHC является также качество производства и сборки, обеспечивающее долговременную устойчивую работу машины и ее высокий коэффициент машинного времени в любых производственных условиях.

Говоря про особенности конструкции осадочной машины IHC в итоге, в сопоставлении их с машинами классической прямоугольной формы, а также с круглой отсадочной машиной устаревших конструкций, можно констатировать: по производительности — они выше аппаратов, занимающих примерно ту же площадь, по расходу электроэнергии — ниже, по расходу воды — ниже, по эффективности извлечения, и особенно тонких классов — выше, по спектру извлекаемого материала (от крупно-

го до мелкого класса) — выше, по коэффициенту использования оборудования — выше, и в итоге — по эффективности применения — существенно выше, что многократно подтверждено за длительный период их широкого промышленного использования сравнительными испытаниями на различных полезных ископаемых в различных производственных условиях.

Практический эффект применения отсадочных машин ИНС

Говоря об эффектах применения машин, необходимо напомнить о том, что обычно требуется установка отсадочных машин последовательно в нескольких операциях. В классике — это установка отсадочных машин ИНС на основной операции отсадки — на первой стадии, а также на второй стадии отсадки — на первой перемычковой операции, и на третьей стадии отсадки — на второй перемычке. Как правило, на первых двух операциях используется один и тот же размер камер, но разное их число: на первой — существенно большее количество камер, на второй — в 3–5 раз меньшее число, в зависимости от качества исходного питания. Например, для 250 л драги на добыче золота чаще всего это будет 12 камер на основной отсадке и 4 или 6 камер на первой перемычке. На третьей стадии (вторая перемычка) как правило применяются машины меньшего типоразмера. Как ранее было уже сказано, всего существует три промышленных типоразмера и один лабораторный. Для дальнейшей перемычки концентрата второй перемычковой отсадки и для дальнейшей доводки концентрата применяются иные устройства, как правило, сочетания центробежных концентраторов и концентрационных столов, но могут быть и только концентрационные столы. Иногда в схемах присутствует меньшее число операций перемычки и некоторые операции контрольного обогащения, но перед контрольными операциями, как правило, требуется сначала грохочение и/или частичное обезвоживание хвостов, а затем, на подготовленном таким образом питании — либо отсадка, что бывает реже, либо центробежная концентрация, что бывает чаще в силу специфики материала питания такой операции, требующего извлечения из него особо мелких частиц или сростков, не полностью извлеченных в предыдущей операции основной отсадки.

Отсадочные машины конструкции ИНС приобрели достаточно большое распространение в мире, особенно на переработке различного россыпного сырья, однако устанавливают его и в рудных схемах. Наиболее часто они применяются в обогащении алмазо-, золото- или платиносодержащих



Рис. 8. Отсадочные машины ИНС в рудной схеме обогащения

россыпей. Достаточно часто используются они также и при извлечении олова, вольфрама, хромитов, тантало-ниобатов, ряда других полезных ископаемых. Применяются как в стационарных фабричных схемах и в передвижных наземных установках, которые мы называем промприборами, а также в плавучих установках различных конструкций, включая обогатительные установки на борту черпаковых драг. Но в отличие от нашей практики, где у нас плавучими установками оборудованы только драги, в зарубежной практике это могут быть как драги в классическом виде, где на одном понтоне монтируются устройства черпания/добычи и устройства промывки/обогащения, так и плавучие фабрики, на которых на малоподвижном понтоне (он перемещается с меньшей интенсивностью отдельно от добычного снаряда) собирается только обогатительное оборудование.



Рис. 9. Отсадочные машины ИХЦ в россыпной схеме обогащения на борту морской драги

Это обеспечивает обогатительной схеме более спокойные условия работы, с меньшим влиянием качки, кренов, вибраций, обычно являющихся существенными помехами для работы обогатительного оборудования. Имеется большое число различных примеров применения и различных стандартизированных конструкций таких промприборов. В качестве наземных имеются установки, смонтированные на салазках, скомпонованные похожим на российские промприборы способом, с дезинтеграционным оборудованием либо без него, а также установки в контейнерном исполнении, когда комплектная промывочная установка собирается из нескольких контейнеров (чаще всего это четыре 40-футовых контейнера), в каждом из которых внутри предварительно полностью смонтированы и обвязаны соответствующие модули (приемный бункер с грохотом, скруббер-буфара, отсадочный модуль с насосами и доводочный модуль), собирающиеся и стыкующиеся по принципу «лего» непосредственно на площадке. Это обеспечивает наиболее удобную транспортировку, более простой монтаж и демонтаж установки, более легкое перемещение ее с участка на участок, лучшую сохранность оборудования, большую ремонтпригодность всего комплекса. Имеется достаточно широкий спектр разных видов комбинаций оборудования, разной производительности и разного назначения.

В российской практике такой подход пока не получил широкого распространения. Причин тому есть несколько:

1. Оборудование зарубежных производителей не так давно стало сравнительно доступным для российских недропользователей, однако редкие случаи его регулярного практического использования, валютные цены и все сложности, связан-

ТЕХНОЛОГИИ



Рис. 10. Опытный отсадочный модуль ИХЦ на испытаниях на одном из россыпных производств в России

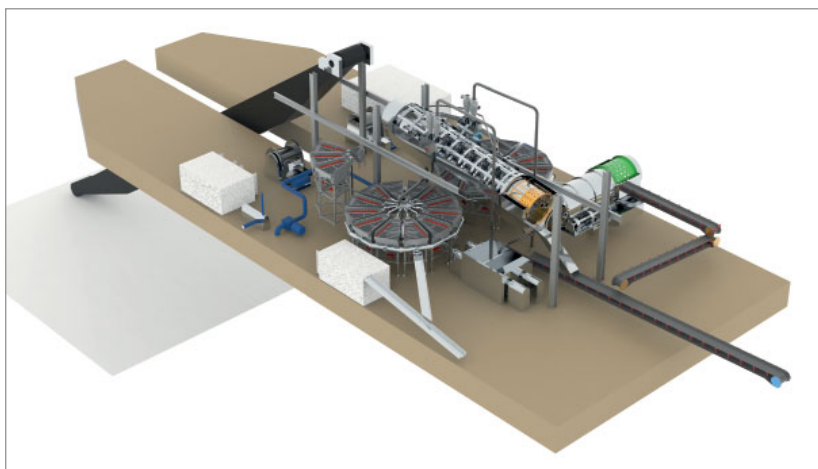


Рис. 11. Компьютерная модель установки отсадочных машин ИНС взамен отсадочных машин «Труд» на борту российской крупнолитражной драги для отработки континентальных россыпей золота

ные с приобретением и последующим обеспечением работоспособности зарубежного оборудования до настоящего времени сдерживают широкое использование такого оборудования в нашей стране.

2. Крайние сложности с вывозом проб исходного сырья для проведения исследований технологических проб с испытанием такого оборудования за рубежом, невозможность провести такие исследования в России из-за отсутствия у отечественных исследователей такого оборудования не позволяли получить достоверные подтверждения преимуществ использования этого оборудования по сравнению с традиционным.
3. Отсутствие, по сочетанию названных выше причин, устойчивой регулярной промышленной практики применения этого оборудования в России пока мешает посетить объекты, где оно используется, и обсудить с местными специалистами нюансы местного условия его использования.

Однако постепенно эта ситуация меняется.

Современность и прогресс. Экспансия в золотодобывающие регионы России

К настоящему моменту эти ограничения, если и не полностью устранены, то существенно смягчились. Вопреки всем названным выше препятствиям, отдельные попытки внедрения отсадочных машин ИНС отечественными предприятиями в последние 10–15 лет делались. Так, одно из крупных россыпных предприятий в южной части Дальнего Востока на рубеже нулевых и десятых годов приняло комплекс действий по изучению применимости, наряду с иным оборудованием производства ИНС, этих машин для обогащения своего россыпного, как целикового, так и техногенного сырья и приобрело опытный модуль.

Этот опытный модуль успешно отработал несколько лет, показал хорошие результаты, поскольку, как оказалось, смог извлекать металл той крупности, которую даже не определяли в исходном сырье, поскольку опробование в ходе ГРР, как и на большинстве иных россыпных объектов страны, изначально велось лотками. Количество такого металла оказалось значимым и предприятие начало

подготовку к тому, чтобы существенно переоснастить свое производство с использованием такого оборудования в ходе планировавшейся тогда масштабной реконструкции и расширения производства. Однако к моменту начала реализации этой программы в 2012–2013 гг. произошло резкое падение цен на драгоценные металлы, и намеченные планы оказались замороженными.

На другом из предприятий, работающих на рудном и россыпном сырье на севере Дальнего Востока в середине 2010-х годов также были начаты испытания отсадочных машин ИНС как в россыпной, так и в рудной схеме. Для этого предприятию был поставлен сначала опытный модуль, состоящий из 2-х отсадочных машин, для основной и для пересчетной операции. После его успешных испытаний, была закуплена пробная партия, из которой часть машин была установлена на россыпном сырье (на одной из действующих 250 л драг), а вторая, более крупная часть пошла на установку на рудном объекте, причем предполагалось использования их как на делювиальной части объекта, так и в рудной схеме обогащения. Однако по ряду причин, не связанных с результатами работы машин ИНС и имеющих отношение к размеру подтвердившихся запасов, этой опытной партией пока все и ограничилось, несмотря на положительные результаты этой эксплуатации.

На еще одном предприятии, также на Дальнем Востоке, в недавнем прошлом при отработке техногенно-целиковых песков дражным способом на одну из действующих драг было установлено два опытных трехмодульных блока отсадочных машин в дополнение к изначально установленным машинам «ТРУД» в основной операции отсадки, в результате чего получен положительный эффект, который оказался заметно выше, чем ожидания компании-владельца объекта, хотя этот результат был на уровне ожиданий со стороны ИНС. Первый сезон работы оказался не вполне представительным по причине того, что машины фактически были установлены лишь в самом его

конце и при этом не все было сделано к тому моменту в соответствии с рекомендациями ИНС, кое-что оказалось не доделано и повлияло на достижение меньшего первоначального эффекта, чем можно было достичь. Тем не менее, подчеркнем еще раз, эффект в очередном, полном уже, сезоне был достигнут, а соответственно, далее было принято решение о масштабном переоснащении предприятия на эти отсадочные машины, что сейчас находится в работе.

Таких примеров пока, увы, считанное число. Повторим, связано это в небольшой степени с тем, что отправить свое сырье на исследование и получить результаты исследований, принимая лишь после этого решение по приобретению хотя бы даже опытных модулей, пока физической возможности не было. Однако в этом году компания ИНС заключила соглашение с одной российской исследовательской компанией о поставке на опытную эксплуатацию в режиме временного ввоза своего опытного отсадочного модуля. Теперь такой модуль в России доступен для проведения исследований рудного, россыпного и техногенного сырья, а само сырье вывозить за рубеж не надо — достаточно донести до исследовательского центра в Подмоскowie. Появились, кроме этого, предприятия с положительным опытом исследований своего сырья с использованием такого оборудования, а значит — и возможности получить комментарии от этих предприятий относительно того опыта, который появился и накопился к настоящему времени внутри России.

Заключение

Все это говорит, во-первых, о том, что отсадочные машины ИНС подтвердили в российской практике эффективность своего применения по сравнению с отсадочными машинами иных конструкций, как с прямоугольной камерой, так и круглых отсадочных машин. Они подтвердили повышенную эффективность извлечения, повышенную ремонтпригодность и пониженные показатели расхода воды и электроэнергии. И по мере расширения опыта показатели эффективности можно будет существенно повысить, если начавшие такое внедрение недропользователи не будут делать перерывы в процессе совершенствования использования отсадочных машин ИНС, а будут последовательно улучшать их применение.

Помимо всего прочего, показана целесообразность применения этих отсадочных машин, в особенности, на техногенном сырье, там, где основная часть крупной фракции полезного компонента уже извлечена, а оставшаяся часть находится в виде либо очень тонкой фракции, либо в виде сростков. Благодаря этому, отсадочные машины ИНС могут обеспечить дополнительный эффект их использования и на техно-



Рис. 12. Макет передвижного промприбора с отсадочными машинами ИНС



Рис. 13. Вариант плавучей промывочной установки с отсадочными машинами ИНС

генном рудном сырье — на лежалых хвостах старых обогатительных фабрик, на повторной переработке отвалов, в случаях работы на техногенно-целиковом или делювиальном россыпном сырье. Опытно-промышленная эксплуатация машин в реальных условиях показала также необходимость, во-первых, тщательного планирования добычи, транспортирования и обеспечения требуемой подготовки исходного материала, а во-вторых, соответствующей дальнейшей работы с извлеченным в концентрат отсадки материалом. В ряде случаев концентраты целесообразно не доводить непосредственно на участке обогащения сугубо гравитационными методами до каких-то высоких содержаний, позволяющих далее отправлять этот материал непосредственно на аффинаж, а перерабатывать более грубые концентраты по более сложным схемам, в том числе с применением гидрометаллургии, учитывая объем и характер сростков, извлеченных в такие концентраты, что повысило бы сквозное извлечение полезных компонентов и могло бы улучшить экономику извлечения полезных компонентов из такого сырья.

Появившиеся в этом году возможности исследования технологических проб различного сырья с применением отсадки ИНС непосредственно в России, накопленный к данному времени опыт различных, в том числе и российских, предприятий в работе с отсадочными машинами ИНС, изменившиеся в лучшую сторону финансовые условия работы российских добывающих компаний, особенно в сфере добычи драгоценных металлов, позволяют более энергично и масштабно использовать лучшее из доступного оборудования для обеспечения наиболее эффективной добычи и извлечения полезных ископаемых в России. ♦

Авторы выражают благодарность за сотрудничество и содействие в подготовке данного материала шеф-редактору журнала «Золото и технологии» и директору по развитию «Института геотехнологий» (ИГТ) М.И. Лескову (m.leskov@igeotech.ru).

Авторы данной статьи будут рады ответить на вопросы читателей в этой связи — H.vanMuijen@royalihc.com и s.konina@royalihc.com