

УДК 622.75/77

## О СПОСОБАХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕЛКОГО ЗОЛОТА В СТРУЙНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ГИДРОКОЛОННАХ

Бурдин Н.В., Лебедев В.И.

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,  
Россия*

**В статье рассматриваются основные проблемы в области переработки золотосодержащего минерального сырья, с целью максимального извлечения мелких и тонких частиц благородных тяжелых минералов и металлов экологически чистыми способами. Представлены разработки, основанные на центробежно-вихревом принципе обогащения минерального сырья с концентрацией тяжелых мелких частиц металлов и минералов с использованием «эффекта воронки». Способы, которые позволяют повысить эффективность обогащения за счет увеличения извлечения мелкого и тонкого золота при переработке золотосодержащего минерального сырья.**

**Ключевые слова:** центробежно-вихревой, пульпа, золото, концентратор, тяжелая фракция, извлечение, гидроколонны.

Одной из основных проблем в области переработки золотосодержащего минерального сырья является максимальное извлечение мелких и тонких частиц благородных тяжелых минералов и металлов экологически чистыми способами.

Институтом проведен ряд научно-исследовательских работ по усовершенствование и разработка новых экологически чистых технологий переработки минерального сырья, содержащего тяжелые ценные компоненты, такие как золото, серебро, платина и др. Первоначальным этапом работ были исследования в лабораторных условиях. Исследования элементарных актов движения тяжелых частиц в потоках, распределение их при стесненном падении, в вихревых и восходящих потоках, в центробежном поле. Проводились исследования и разработки, основанные на центробежно-вихревом принципе обогащения минерального сырья с концентрацией тяжелых мелких частиц металлов и минералов с использованием "эффекта воронки". Были разработаны способы, которые позволяют повысить эффективность обогащения за счет

увеличения извлечения мелкого и тонкого золота при переработке золотосодержащего минерального сырья. Способ для перечистки минералов относятся к области переработки рассыпных месторождений золотосодержащего минерального сырья методом промывки, в частности позволяют повысить эффективность обогащения за счет увеличения извлечения мелкого и тонкого золота. Известен способ того же назначения. Способ обогащения полезных ископаемых. [1]. Общим признаком является вращающаяся тяжелая суспензия. Недостаток: повторный вынос, как тонких частиц, так и особо мелких.

Способ для перечистки минералов позволяет эффективно осуществить процесс обогащения за счет мелких тяжелых фракций. Технический результат: разделение минералов по плотности с получением концентрата из мелких фракций минералов. Способ перечистки минералов включает разделение по разной скорости осаждения в восходящем потоке жидкости, образованном в резервуаре с последующим отбором

разделенных частиц, приданье вращательного движения пульпе вокруг вертикальной оси резервуара. Особенность заключается в том, что подготавливают разделяемый материал путем разжижения с эжекцией под действием струй воды в резервуаре с приданiem вращательного движения пульпе между двух соосных направляющих вертикальных цилиндрических поверхностей. Формируют и придают стационарное движение разжиженной тяжелой среде в продольном и вертикальном направлении с образованием спиралевидных движения потока между двумя соосными цилиндрическими поверхностями, которые являются образующими и направляющими. Создают в процессе перемещения разжиженного потока пульпы на его исходном участке вихревую переливную воронку со сливной вертикальной соосной трубой по центру. Отделяют легкие фракции на вихревой переливной воронке со сливом в вертикальную цилиндрическую трубу. Разделяют частички по скорости осаждения на направляющих цилиндрических поверхностях и на участке вихревой переливной воронки, улавливают выделяемые частички в дополнительном

восходящем потоке, который подают через отверстие в днище, отделяют крупные фракции тяжелых частиц коническим козырьком на вихревой переливной воронке (рис. 1) [2,6]. Способ разделения материалов с помощью тяжелой среды с использованием центробежной силы относится к области добычи и переработки россыпных минералов и может быть использован для обогащения самородных металлов из россыпных месторождений методом промывки и, в частности, позволяют повысить эффективность обогащения за счет увеличения извлечения мелкого и тонкого золота.

Известны следующие способы: Способ разделения в пульпе твердых частиц [3]. Этот способ является наиболее близким аналогом, имеет следующие общие признаки: разделение по разной скорости осаждения в восходящем потоке жидкости, образованном в резервуаре, отбор разделенных частиц приданье вращательного движения пульпе вокруг вертикальной оси резервуара. Недостатком является отсутствие принудительного отбора выделяемых легких фракций из восходящего

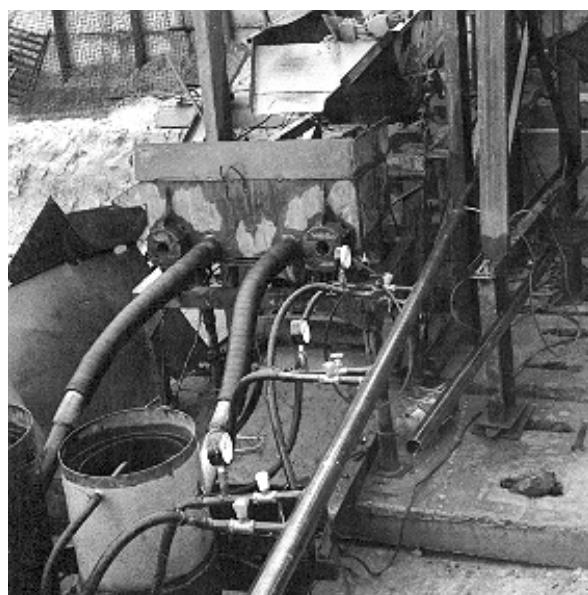


Рис. 1. Гидроколонна для извлечения мелкого золота

потока, что ограничивает производительность процесса. Гидродинамический сепаратор [4]. Это техническое решение является наиболее близким аналогом. Общими признаками являются: цилиндрический корпус с плоским днищем, приспособление для вывода тяжелой фракции, цилиндрический корпус с плоским днищем разделен цилиндрической перегородкой на камеры, водные форсунки, подающие воду под давлением параллельно днищу, удаление хвостов обогащения производится через верхнюю кромку круговой камеры, приспособление для отбора тяжелых фракций выполнено в днище камеры. Недостатком является вынос тонкой и части мелкой тяжелой фракции, форсунки выполнены во внешней цилиндрической поверхности, а не во внутренней, что препятствует оседанию и отбору выделенных частиц, нет расширительной емкости для создания дополнительного восходящего потока для отбора выделенных частиц.

Способ разделения твердых материалов с помощью тяжелой среды с использованием центробежной силы предназначен для эффективного обогащения тяжелых минералов за счет мелких фракций. Технический результат; разделение

минералов по плотности с получением концентрата из особо мелких и тонких частиц. Способ включает разделение по разной скорости осаждения и восходящем потоке жидкости, образованном в резервуаре с последующим отбором разделенных частиц, приданье вращательного движения пульпе вокруг вертикальной оси резервуара. Особенность заключается в том, что создают восходящий поток в виде двухзаходной резьбы с вращением ветвей вокруг центра их сечения в разные стороны подачей воды из трех форсунок, расположенных в придонной части цилиндрического резервуара. Подают пульпу по ходу вращения в верхней трети восходящего потока перед вихревой переливной воронкой. Разделяют частицы по разной скорости осаждения на участке вихревой переливной воронки с последующим их обвалом. Отделяют легкие фракции на вихревой переливной воронке со сливом в вертикальную цилиндрическую трубу, расположенную по центру и улавливают выделенные частицы в дополнительном восходящем потоке через отверстие в виде патрубка в днище, где создают импульсное восходящее-нисходящее движение для принудительного отбора выделяемых частиц [5,6] (рис. 2).



Рис. 2 Гидромеханические колонны для извлечения мелкого золота

Пример. Исходный материал в виде пульпы, содержащий мелкие частички золота и частички пустой легкой породы, поступает в верхнюю треть вертикальной цилиндрической емкости через патрубок расположенный по касательной к цилиндрической поверхности. Подачу воды из патрубков производят параллельно днищу с заданием однородного движения, в результате чего закручивается поток разжиженной пульпы на поверхности, образуя спиралевидный поток разжиженной тяжелой среды. В верхней части емкости образуется вихревая переливная воронка, откуда отработанная пульпа в виде легкой фракции через трубу поступает на слив и уносит частички пустой породы. Частички золота тормозятся и обваливаются по цилиндрической вертикальной поверхности в придонную часть, где улавливаются в отверстии в виде патрубка для подачи дополнительного восходящего потока воды и попадают в сборник чернового шлиха.

Сборник чернового шлиха выполнен в виде расширительной емкости, имеющий вентиль для регулировки подачи воды, вентиль для выпуска концентрата, упругую диафрагму, имеющую привод для создания возвратно-поступательного движения. В результате чего в патрубке для подвода дополнительного восходящего потока создается импульсный восходящий поток для принудительного отбора выделенных частиц, причем ход диафрагмы регулируется по амplitude и частоте.

Способ обогащения тяжелых минералов и металлов и центробежно-вихревой концентратор для его относится к области мокрого разделения особо мелких и тонких частичек по плотности [7], которые из-за малой разницы по массе не могут быть разделены обычными гравитационными процессами. Применяется для об-

огащения исходного сырья при переработке россыпных и рудных месторождений, содержащих особо мелкую и тонкую фракцию тяжелых ценных компонентов.

Известен гидростатический сепаратор Нельсона [8], который состоит из конуса с двойными рифлеными стенками. Пульпа поступает в сосуд через осевую питающую трубу и течет вверх и наружу по рифлям. Легкие частички уходят в хвосты, а тяжелые собираются позади рифлей. Уплотнение частичек предотвращается водой, подаваемой из наружного кожуха через серию отверстий во внутренней конической трубе. Вода эффективно разрыхляет слой тяжелых частичек, что позволяет вращаться с более высокой скоростью. Сепаратор сочетает центробежную силу и обратное давление вводимой воды. Известен концентратор Фалкон, «Проспект фирмы Фалкон Концентраторс на территории СНГ», с гладким футерованным специальным компаудом конусом. Конус развивает значительно более высокую центробежную силу и концентрация материала происходит при продвижении материала по конусу. При таком поступлении пульпы в концентратор под действием центробежной силы происходит разделение жидкой и твердой составляющей. Во время движения постели твердых частичек от малого внутреннего к большему диаметру легкие частички выносятся в хвосты, тяжелые накапливаются в цилиндрическом приемнике в верхней части конуса. Для смыва концентрата требуется лишь небольшое количество воды. Питание подается в центральное отверстие и разгоняется импеллером. Материал под действием центробежной силы разделяется по удельному весу на футерованной поверхности ротора. Тяжелая фракция накапливается в специальной секции. Концентратор периодического действия. Концентрат выпускается в нижней части установки. Недостаток: недостаточная промывка концентрата от пустой породы; большой расход свежей во-

ды; недостаточная эффективность улавливания тонкого золота; практически нет улавливания тонкодисперсного золота менее 5 мкм.; отвод легкой фракции осуществляется по направлению действия центробежных сил, что приводит к неизбежному выносу тяжелой тонкой фракции.

Известно, что одновременное действие двух процессов весьма эффективно, поскольку при центрифугировании частицы, обладающие одинаковой массой, но разной крупностью, выделяются в общий продукт, который затем подвергается перечистке в пульсирующем потоке воды и разделяется на легкие и тяжелые фракции [9].

Преимуществом заявляемого центробежно-вихревого концентратора является: повышение эффективности улавливания особо мелких, тонких тяжелых частичек минералов и металлов; снижение расхода свежей воды, возможность работы на более плотных пульпах. Технический результат: разделение особо мелких, тонких частичек по плотности; возможность концентрирования ценных тяжелых компонентов с высоким содержанием их в концентрате. Способ получения концентрата, при котором придают вращательное движение пульпе между двумя соосными направляющими поверхностями вращения, отводят легкую фракцию в сливную вертикальную трубу по центру, разделяют частички по их осаждению на направляющих поверхностях вращения, улавливают выделяемые частички в отверстия для разгрузки тяжелой фракции.

Особенность заключается в том, что подают разделяемый материал тангенциально по касательной между корпусом цилиндрической части концентратора и внешней части поверхности чаши концентратора, установленной с возможностью вращения и установленной по центру корпуса концентратора. Формируют и придают движение исходному

материалу в виде закрученного кругооборота сверху вниз под углом конусности от 0 град. до 30 град. в зависимости от производительности и гранулометрической, минералогической характеристики исходного сырья. Разделяют частички по удельному весу за счет закручивания потока разделяемой пульпы на рабочей поверхности корпуса концентратора. Доизвлекают неуловленные тонкие частички тяжелых минералов и металлов в восходящем закрученном вихревом потоке между чашей концентратора и центральной сливной трубой за счет воздействия на разделяемые частички центробежных сил прижатия частичек к внутренней футеровочной рабочей поверхности чаши концентратора. Отводят легкую фракцию в виде потока пульпы направленной в противоположном направлении действия центробежных сил в сливную вертикальную трубу по центру.

Пример: Исходный материал в виде пульпы, содержащий ценные тяжелые компоненты с размером частиц – 2мм. подают через патрубок для подвода разделяемой пульпы, в котором дополнительно разжижают и предварительно ускоряют поток пульпы транспортной водой подаваемой через патрубок, введенный в него в виде эжектора, установленный тангенциально по касательной к цилиндрической образующей корпуса концентратора. Пульпу предварительно закручивают между внутренней рабочей поверхностью корпуса концентратора и внешней поверхностью чаши концентратора поз.б., а также с помощью импеллера, установленного с возможностью вращения и закрепленного на приводном валу чаши концентратора. Получают концентрат на кольцевом днище концентратора и отводят его через патрубки для отвода концентрата в концентратосборник. Пульпу недоизвлеченными тонкими частичками тяжелых ценных компонентов, прошедшую нижнюю кольце-

вую часть концентратора, подают снизу вверх, в виде закрученного восходящего вихревого потока, между центральной сливной трубой и внутренней рабочей футерованной поверхностью чаши концентратора. Получают концентрат, из недодизваченных в первом цикле улавливания тонких тяжелых частиц ценных компонентов, на внутренней футерованной части чаши. По мере накопления концентрата, периодически сбрасывают его на кольцевое днище с отводом через патрубки для вывода концентрата в концентратосборник. Отработанную пульпу, с легкой фракцией в виде закрученного вихревого потока, отводят в противоположном направлении действия центробежных сил за счет вихревой воронки в центральную сливную трубу, расположенную по центру концентратора.

Полный съем концентрата проводят путем прекращения подачи пульпы и остановки вращения чаши концентратора, промывкой внутренней рабочей поверхности концентратора водой, подаваемой через патрубок подачи транспортной воды. Проводят смыв концентрата с футеровочной поверхности чаши распыленной струей воды, подаваемой через форсунку, проворачивают при этом чашу концентратора по оси вращения. Концентраты с рабочих поверхностей концентратора и чаши отводят через патрубки сброса концентрата в концентратосборник. Регулировку технологического процесса проводят специальным резьбовым приспособлением, регулируют зазор глубины опускания нижнего края чаши концентратора поз.б. относительно кольцевого днища концентратора и зазором между днищем чаши и центральной сливной трубой концентратора.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Способ обогащения полезных ископаемых. / Патент РФ № 2034662, кл. В 03 В 5/70, 1995.
2. Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Меткин В.А. Способ и устройство для перечистки минералов. /Патент РФ № 2123883. М.: РОСПАТЕНТ ФИПС. – Бюл. №36, 1998. – 10 с.
3. Способ разделения в пульпе твердых частиц, /Патент РФ № 2039607, кл. В 03 В 5/32, 1995.
4. Гидродинамический сепаратор. Патент РФ 2045351, кл. В 03 В 5/32, 1995.
5. Бурдин Н.В., Лебедев В.И. Патент РФ №2128554. Способ и устройство для разделения твердых материалов с помощью тяжелой среды с использованием центробежной силы. / Патент РФ № 2128554. М.: РОСПАТЕНТ ФИПС. – Бюл. № 10, 1999. – 10 с.
6. Бурдин Н.В., Лебедев В.И./ Гидроколонны для извлечения мелкого золота./ Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества/. (научные труды ТУВИКОПР СО РАН).- Кызыл.-2003. 69-72 с.
7. Бурдин Н.В., Лебедев В.И. Способ обогащения тяжелых минералов и металлов и центробежно-вихревой концентратор для его осуществления. / Патент РФ № 2210435. М.: Росагенство по патентам и товарным знакам. - Бюл. № 23, 2003. – 10с.
8. Р.О. Берт «Технология гравитационного обогащения», М.: Недра, 1990., стр. 388.,
9. Л.А. Митин и др. «Центробежная отсадочная машина ЦОМ-1» Горный журнал, № 2, 1997., стр. 43–45.

**ABOUT METHODS OF FINE GOLD EXTRACTION IN CENTRIFUGAL-JET HYDROCOLUMNS**

Burdin N.V., Lebedev V.I.

*Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources, SB of the RAS, Russia*

The article considers the main problems in processing of gold-containing mineral raw material in order to increase extraction of fine particles of precious heavy minerals and metals by ecologically harmless methods. The work presents elaborations based on the centrifuge-rotor principle of mineral raw material dressing with fine heavy particles concentration using the funnel effect. The methods permit efficiency upgrading via increasing extraction of fine gold under gold-containing mineral raw material processing.

Key words: centrifuge-rotor, pulp, gold, concentrator, heavy fraction, extraction, and hydrocolumns.