

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 частичек 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 частичек благородных тяжелых минералов и металлов экологически чистыми способами.

Институтом проведен ряд научно-исследовательских работ по усовершенствованию 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 частичек 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

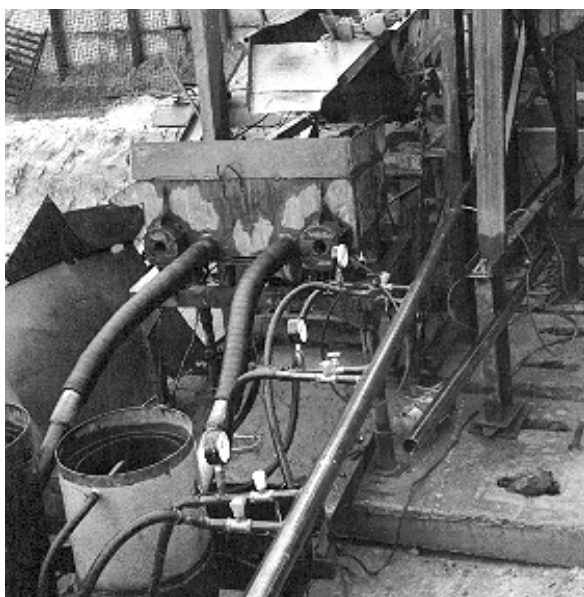
увеличения извлечения мелкого и тонкого золота при переработке золотосодержащего минерального сырья. Способ для перераспределения минералов относится к области переработки рассыпных месторождений золотосодержащего минерального сырья методом промывки, в частности позволяют повысить эффективность обогащения 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 частичек, так и особо мелких.

Способ для перераспределения 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 перераспределения минералов включает разделение по разной скорости осаждения в восходящем потоке жидкости, образованном в резервуаре с последующим отбором

разделенных частиц, придание 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 приданием 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 движение 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 частичек 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 придание 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 частичек, 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; разде-

ление минералов по плотности с получением концентрата из особо мелких и тонких частичек. Способ включает разделение по разной скорости осаждения и восходящем потоке жидкости, образованном в резервуаре с последующим отбором разделенных частиц, придание 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 частички 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 частички в дополнительном восходящем потоке через отверстие в виде патрубка в днище, где создают импульсное восходяще-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 однонаправленного 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 ventиль для регулировки подачи воды, ventиль для выпуска концентрата, упругую диафрагму, имеющую привод для создания возвратно-поступательного движения. В результате чего в патрубке для подвода дополнительного восходящего потока создается импульсный восходяще-нисходящий поток для принудительного отбора выделенных частиц, причем ход диафрагмы регулируется по амплитуде 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 обо-

гащения 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, «Перспект 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 большому 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 пересортировке 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 круговорота 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 недоизвлеченных в первом цикле улавливания тонких тяжелых частичек ценных компонентов, на внутренней футеровочной 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 перемешивания 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 ТувыИКОПР 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.: Росагентство 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.