

О.Ю. Очосов, А.И. Матвеев

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАПРАВЛЕННЫХ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ*

Для изучения влияния вибрационных колебаний на минеральную постель изготовлен специальный вибрационный стенд, позволяющий генерировать вибрационные колебания в плоскости с регулируемым углом наклона. На основании проведенных исследований на вибрационном стенде разработан и создан центробежно-вибрационный концентратор новой конструкции. По результатам предварительных и натуральных испытаний центробежно-вибрационного концентратора по обогащению песков с содержанием мелкого и тонкого золота, максимальное извлечение в концентрат составило 93,8%.

Ключевые слова: обогащение, центробежный концентратор, центробежная сила, золото, концентрат, извлечение.

Необходимость повышения эффективности разделения минеральных частиц под действием центробежных сил актуальна для золотодобывающей промышленности, где для разделения мелких и тонких частиц золота от минералов пустой породы применяются различные конструкции центробежных концентраторов [1].

Проблемы обогащения мелкого и тонкого золота существует давно, и они по сей день остаются актуальными [2], хотя и появление безнапорных центробежных концентраторов безусловно расширило возможность эффективного извлечения мелкого и тонкого золота [3], но в полной мере оно реализовано только при разработке коренных месторождений, а для рос-

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-45-05078\16.

сыпных месторождений центробежные концентраторы все-же имеют ограниченное применение.

Основными причинами ограниченного применения безнапорных центробежных концентраторов для россыпных месторождений является особенности частиц золота (окатанность формы частиц, высокие миграционные свойства в потоке воды), более сложные условия эксплуатации, техническая сложность устройства и эксплуатации центробежных концентраторов, в тоже время в условиях разработки коренных месторождений такие проблемы являются вполне решаемыми.

Наличие чистой оборотной воды на золотодобывающем участке является главным условием эффективной работы безнапорных центробежных концентраторов, работающих по флюидизационному способу разрыхления минеральной постели [4]. Но в большинстве случаев система оборотного водоснабжения при разработке россыпных месторождений не позволяет обеспечить эти аппараты чистой водой.

В условиях отсутствия чистой воды, эффективно обогащать мелкое и тонкое золото за счет снятия излишней вязкости воды и нейтрализации влияния ошламованности продуктов обогащения способны безнапорные центробежные концентраторы, работающие по вибрационному способу разрыхления минеральной постели [5].

Конструкция безнапорного центробежного концентратора представлена на рис. 1. Подобные аппараты, в основном, состоят из рабочего органа (ротора) в виде чаши или конуса 1, который соединен с приводным валом и системой подшипников 2, установленных на раме 3, также в аппаратах имеются устройства для загрузки и разгрузки продуктов обогащения 4 [6].

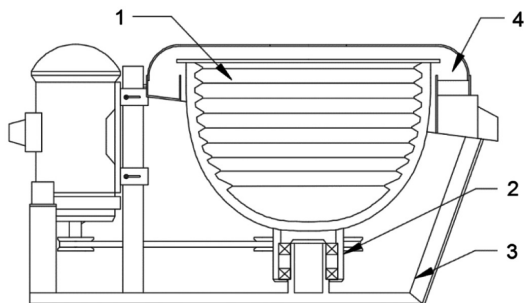


Рис. 1. Безнапорный центробежный концентратор: 1 – рабочий орган в виде чаши; 2 – приводной вал с системой подшипников; 3 – несущая рама; 4 – устройство загрузки и разгрузки продуктов обогащения

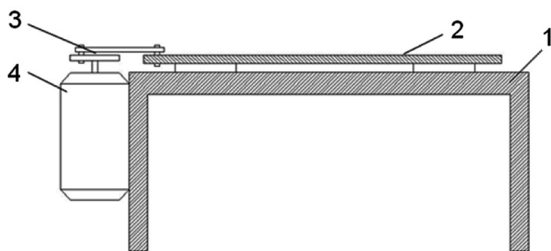


Рис. 2. Вибрационный стенд: 1 – станина, 2 – дека стенда, 3 – кривошипно-шатунный привод с регулируемой амплитудой, 4 – двигатель с регулируемой частотой вращения

Центробежная сила в этих концентраторах создается принудительным вращением исходного материала в виде пульпы при подаче питания на дно рабочего органа. Под действием центробежной силы, тяжелые частицы оседают внутри улавливающих рифлей рабочего органа, формируя постель из тяжелых минералов, а легкие уносятся смывным потоком пульпы за пределы рабочего органа.

В лаборатории ОПИ ИГДС СО РАН проведены исследования влияния вибрационных колебаний на минеральную постель. Для этого изготовлен специальный стенд, который позволяет генерировать вибрационные колебания в плоскости с регулируемым углом наклона (рис. 2).

Исследовались различные варианты поверхностей осаждения постели, различной площади и высоты постели, которые устанавливались на деку стенда 2. В качестве минеральной постели использовалась искусственная смесь, состоящая из речного песка и магнетита крупностью $-0,5+0$ мм.

В процессе работы стенда производилась регулировка частоты, амплитуды вибрационных колебаний и угла наклона стенда, с целью подобрать такой режим работы, чтобы расслоение минеральной постели по плотности проходило максимально быстро. По проведенным исследованиям установлено, что максимально быстрое расслоение постели по плотности происходит при вибрационных колебаниях, направленных перпендикулярно направлению осаждающей силе, т.е. силе тяжести.

На основании проведенных исследований лабораторией ОПИ предложена принципиальная конструкция нового центробежного-вибрационного концентратора (рис. 3) [7], который отличается от существующих аппаратов тем, что вибрационные колебания рабочего органа направлены по оси своего враще-

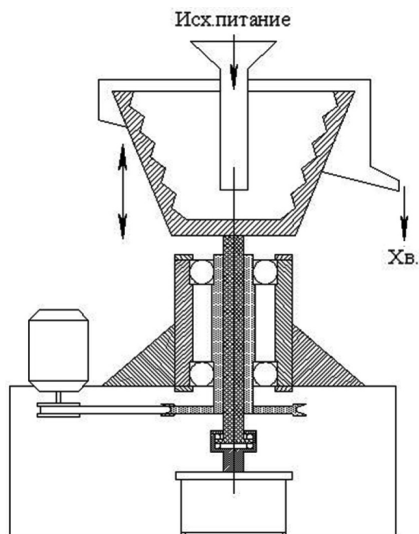


Рис. 3. Центробежно-вибрационный концентратор

ния, что позволяет создать относительно простую и надежную конструкцию аппарата.

Основной особенностью данной конструкции является то, что при поперечно направленных колебаниях минеральной постели относительно направления действия центробежной силы образуются циркуляционные потоки внутри улавливающих рифлей охватывающих весь ее объем, достаточные для поддержания разрыхленного состояния минеральной постели и способствующие перемешиванию тяжелых частиц от легких.

В табл. 1 представлены результаты предварительных испытаний данной конструкции. В экспериментах использовалась искусственная смесь, состоящая из речного песка и магнетита крупностью -0,315 мм.

Таблица 1

Результаты экспериментов

Наименование продукта	Выход, γ		Содержание, β		Извлечение, ϵ
	%	г.	%	г.	%
Исходные пески	100,00	2000,00	2,500	50,0	100
Концентраты	3,25	65,000	49,692	32,3	64,600
Хвосты	96,75	1935,00	0,915	17,7	35,400

Таблица 2

Технологические показатели натуральных испытаний концентратора ЦВК ИГДС

Технологические параметры	ЦВК ИГДС
Извлечение, %	93,8
Содержание Au в концентрате, г/т	560,8
Выход концентрата, г	86,2

Из табл. 1 видно, что извлечение тяжелых минералов находится на сравнительно высоком уровне – 64%.

В дальнейшем были проведены неоднократные доработки конструкции аппарата с последующими испытаниями, по завершению предварительных испытаний были проведены натурные испытания с использованием песка с содержанием мелкого и тонкого золота. Технологические показатели натуральных испытаний приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что максимальное извлечение, которое удалось достичь, составило 93,8% при содержании золота в концентрате 560,8 г/т. Данный результат показывает наличие действующего механизма перемещения концентрата за счет поддержания состояния эффективной разрыхленности постели, что заложено в конструкцию и принцип работы нового концентратора.

Таким образом, применение центробежных концентраторов на хвостах основных операций обогащения позволяет доизвлечь труднообогащаемое мелкое и тонкое золото на относительно высоком уровне по сравнению с традиционными обогатительными установками, при этом сложность эксплуатации центробежных концентраторов в условиях использования оборотной воды и наличия вспомогательных оборудований (дополнительная система очистки воды или альтернативный источник чистой воды), не позволяют в полной мере реализовать потенциальные возможности данных установок. Дальнейшие исследования в области усовершенствования конструкции аппарата позволят устранить недостатки, свойственные центробежным аппаратам с флюидизационным способом разрыхления минеральной постели.

На основании полученных результатов необходимо проведение экспериментов на модернизированной конструкции аппарата с более высокой производительностью, улучшенной системой генерации вибрационных колебаний и системой привода, а также с повышенной эксплуатационной надежностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шохин В. Н., Лопатин А. Г.* Гравитационные методы обогащения. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1993. – С. 300–301.
2. *Мязин В. П., Литвинцева О. В., Закиева Н. И.* Технология обогащения золотосодержащих песков: учебное пособие. – Чита: ЧитГУ, 2006. – С. 110.
3. *Мязин В. П., Литвинцева О. В., Закиева Н. И.* Технология обогащения золотосодержащих песков: учебное пособие. – Чита: ЧитГУ, 2006. – С. 111–117.
4. *Бочаров В. А., Игнаткина В. А.* Технология обогащения золотосодержащего сырья: учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – С. 165–174.
5. *Бочаров В. А., Игнаткина В. А.* Технология обогащения золотосодержащего сырья: учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – С. 175–178.
6. *Шохин В. Н., Лопатин А. Г.* Гравитационные методы обогащения. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1993. – С. 293–295.
7. *Очосов О. Ю., Матвеев А. И.* Патент № 2535323 РФ, МПК В03В 5/32. Центробежно-вибрационный концентратор для разделения минералов; заявитель и патентообладатель Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского СО РАН. № 2013109952/03; заявл. 05.03.2013; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34. **ПАТ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Очосов Олег Юрьевич*¹ – старший инженер,
e-mail: ochos@mail.ru,

*Матвеев Андрей Иннокентьевич*¹ – доктор технических наук,
академик Академии наук Республики Саха (Якутия),
зав. лабораторией, e-mail: andrei.mati@yandex.ru,

¹ Институт горного дела Севера
им. Н. В. Черского СО РАН.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 10, pp. 259–265.

UDC 622.755

O.Yu. Ochosov, A.I. Matveev

HIGHER EFFICIENCY OF MINERAL PARTICLE SEGREGATION UNDER CENTRIFUGAL FORCES DUE TO DIRECTIONAL VIBRATION

To study the effect of vibration oscillations on the mineral bed is made of a special vibration stand, which can generate vibration oscillations in the plane with adjustable angle of inclination. On the basis of the conducted researches on the vibration stand is designed and developed centrifugal vibratory hub of the new design. The results of preliminary and field

testing of centrifugal vibratory concentrator for enrichment of sand with a content of fine and thin gold, the maximum extraction in the concentrate was 93,8%.

Key words: enrichment, centrifugal concentrator, centrifugal force, gold, concentrate, extract.

AUTHORS

*Ochosov O.Y.*¹, Senior Engineer, e-mail: ochos@mail.ru,
*Matveev A.I.*¹, Doctor of Technical Sciences,
Academician of Academy of Sciences of Republic of Sakha (Yakutia),
Head of Laboratory, e-mail: andrei.mati@yandex.ru,
¹ N.V. Chersky Institute of Mining of the North,
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
677980, Yakutsk, Russia.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study has been supported by the Russian Foundation for Basic Research, Grant No. 15-45-05078/16.

REFERENCES

1. Shokhin V. N., Lopatin A. G. *Gravitatsionnye metody obogashcheniya*. Uchebnik dlya vuzov. 2-e izd. (Gravitational methods of enrichment. Higher educational aid, 2nd edition), Moscow, Nedra, 1993, pp. 300–301.
2. Myazin V.P., Litvintseva O.V., Zakieva N.I. *Tekhnologiya obogashcheniya zolotosoderzhashchikh peskov*: uchebnoe posobie (Tekhnologiya obogashcheniya zolotosoderzhashchih peskov (The technology of enrichment of gold sand: Educational aid), Chita, CHitGU, 2006, pp. 110.
3. Myazin V.P., Litvintseva O.V., Zakieva N.I. *Tekhnologiya obogashcheniya zolotosoderzhashchikh peskov*: uchebnoe posobie (Tekhnologiya obogashcheniya zolotosoderzhashchih peskov (The technology of enrichment of gold sand: Educational aid), Chita, CHitGU, 2006, pp. 111–117.
4. Bocharov V.A., Ignatkina V.A. *Tekhnologiya obogashcheniya zolotosoderzhashchego syr'ya*: uchebnoe posobie dlya vuzov (Technology of enrichment of gold ores. Higher educational aid), Moscow, Izdatel'skiy dom «Ruda i metally», 2003, pp. 165–174.
5. Bocharov V.A., Ignatkina V.A. *Tekhnologiya obogashcheniya zolotosoderzhashchego syr'ya*: uchebnoe posobie dlya vuzov (Technology of enrichment of gold ores. Higher educational aid), Moscow, Izdatel'skiy dom «Ruda i metally», 2003, pp. 175–178.
6. Shokhin V. N., Lopatin A. G. *Gravitatsionnye metody obogashcheniya*. Uchebnik dlya vuzov. 2-e izd. (Gravitational methods of enrichment. Higher educational aid, 2nd edition), Moscow, Nedra, 1993, pp. 293–295.
7. Ochosov O. Yu., Matveev A. I. *Patent RU 2535323*, МПК V03V 5/32. 10.12.2014.



МЫСЛИ О РОЛИ КНИГИ В ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

Люди, умеющие писать, представляют собой золотой фонд страны. Их надо беречь и способствовать их самосовершенствованию. Трудно переоценить их вклад в национальное развитие России.