

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЛОТОГРАВИТАЦИИ ОКИСЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ С ОБОГАЩЕНИЕМ ПЕННОГО ПРОДУКТА В СУЖАЮЩЕМСЯ ЖЕЛОБЕ

И. В. Упорова¹, Т. И. Интогарова²

¹ Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия, office@ursmu.ru;

² Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета
им. М. К. Аммосова, Саха (Якутия), Мирный, Россия

Аннотация: Выполнен анализ работ в области флотации, гравитации и методы их комбинирования. Рассмотрены процессы и аппараты для реализации комбинирования процессов флотации и гравитации. Приводится обзор по применению сужающихся желобов в Российской практике обогащения с отражением положительного эффекта. Проведен анализ влияния флотационных процессов на гидравлическую классификацию. Выполнен теоретический анализ флотогравитации пенных продуктов в сужающихся желобах. Описывается механизм образования вторичной концентрации, а также возможный способ интенсификации. Проведены экспериментальные исследования флотогравитации окисленных железосодержащих хвостов обогащения. Подробно описана методика проведения исследования флотации и флотогравитации окисленных железосодержащих хвостов обогащения. Представлена схема проведения опытов обогащения окисленных железосодержащих хвостов флотогравитационным методом с обогащением пенного продукта в сужающемся желобе. На схеме указаны точки подачи реагентов. Приведены результаты распределения железа по продуктам обогащения. По результатам распределения железа в продуктах обогащения флотации и флотогравитации проведено сравнение, которое показывает положительное влияние сужения потока в желобе на процесс разделения ценного минерала и пустой породы. Показано, что применение флотогравитации позволяет уменьшить потери ценного компонента с отвальными хвостами.

Ключевые слова: флотация, гравитация, флотогравитация, сужающийся желоб, верхний продукт, нижний продукт, флотокомплекс, вторичная концентрация.

Благодарности: Исследование выполнено в ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» в соответствии с государственной программой поддержки «Приоритет 2030».

Для цитирования: Упорова И. В., Интогарова Т. И. Исследование процесса флотогравитации окисленных железосодержащих хвостов обогащения с обогащением пенного продукта в сужающемся желобе // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 11-1. – С. 210–218. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_111_0_210.

Study of flotation gravitation of oxidized iron-containing enrichment tailings with enrichment of foam product in a narrowing trough

I. V. Uporova¹, T. I. Intogarova²

¹ Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia;

² Polytechnic Institute (branch) of the North-Eastern Federal University. M. K. Ammosova, Sakha (Yakutia), Mirny, Russia

Abstract: The analysis of works in the field of flotation, gravity and methods of their combination is carried out. The processes and apparatuses for the implementation of the combination of flotation and gravity processes are considered. A review is given on the use of tapering chutes in the Russian enrichment practice with a reflection of the positive effect. The analysis of the influence of flotation processes on the hydraulic classification has been carried out. A theoretical analysis of the flotation gravity of foam products in tapering chutes has been carried out. The mechanism of secondary concentration formation is described, as well as a possible method of intensification. Experimental studies of flotation gravity of oxidized iron-containing tailings have been carried out. A detailed description is given of the methodology for studying the flotation and flotation gravity of oxidized iron-containing tailings. A scheme is presented for carrying out experiments for the enrichment of oxidized iron-containing tailings iron-bearing tailings by the flotation-gravity method with enrichment of the foam product in a tapering chute. The diagram shows the points of supply of reagents. The results of iron distribution by enrichment products are presented. Based on the results of the distribution of iron in the enrichment products of flotation and flotation gravity, a comparison was made, which shows the positive effect of the narrowing of the flow in the chute on the process of separating valuable mineral and waste rock. It is shown that the use of flotation gravity makes it possible to reduce the loss of a valuable component with tailings.

Key words: flotation, gravity, flotation gravitation, tapering chute, overflow, underflow, flotation complex, secondary concentration.

Acknowledgements: The study was prepared in accordance with the state support program «Priority 2030» with the Ural State Mining University.

For citation: Uporova I. V., Intogarova T. I. Study of flotation gravitation of oxidized iron-containing enrichment tailings with enrichment of foam product in a narrowing trough. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(11-1):210–218. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_111_0_210.

Введение

В настоящее время в области обогащения полезных ископаемых проявляется большой интерес к повышению извлечения минералов, в том числе к снижению потерь ценного компонента с тонкими классами крупности.

При переработке минеральных ресурсов большое внимание уделяется комбинированию технических решений, которые объединяют разные процессы обогащения. Одним из таких решений является флотогравитация,

которая заключается в использовании одновременно различных физических и физико-химических свойств путем комбинирования флотационных и гравитационных процессов.

Известно использование комбинирования процессов флотации и гравитации на концентрационных столах [1, 2]. При изучении образования пенного слоя в потоке пульпы при движении по наклонной плоскости предложено использование наиболее активных гидрофобизаторов при интенсивной

аэрации пульпы, также разработаны рекомендации по созданию равномерной зоны продвижения всплывающего флотокомплекса [3, 4]. Предложена конструкция флотогравитационного-Бконцентрационного стола, на котором разделение минералов основано на аэрировании минеральной суспензии мелкими пузырьками воздуха [5]. Подача воздуха в пульпу на поверхность концентрационного стола осуществляется через перфорированные трубки, которые вмонтированы в деку стола.

Исследована возможность применения флотоотсадки в работах [6]. Изучалось влияние различных факторов на обогащение минерального сырья: диспергирующие устройства, а также каким образом расход и способ подачи реагентов влияет на диспергацию воздуха; выявлены зависимости технологических показателей флотоотсадки от глубины расположения аэраторов, расхода воздуха, реагентов и воды. На практике подтверждены теоретические исследования эффективного использования в одном аппарате процессов флотации и отсадки.

В разработанном аппарате [7] для центробежно-гравитационной флотации и обессеривания мелкого угля пульпа после контакта с реагентами по касательной к траектории движения поступает в цилиндрическую камеру, которая аэрируется сжатым воздухом. За счет вращательного движения пульпы образуется центробежная сила, благодаря которой происходит разделение крупных и тяжелых частиц от мелких и легких частиц. Гидрофильные частицы вместе с пульпой удаляются в желоб для хвостов.

Известен центробежный сепаратор для флотогравитации [8], действие которого основано на предыдущем аппарате. Отличие в работе заключается во флотировании частиц только тяжелой фракции. Реализация таких

решений позволяет повышать: производительность по исходному питанию и технологические показатели процесса переработки руд [9].

Одним из направлений использования процесса флотогравитации является реализация разделения пенного слоя на разнокачественные продукты в сужающихся желобах. Впервые в промышленных условиях пенный продукт обогащали в сужающихся желобах с получением продуктов разного качества на Красноуральской, Бурибаевской и Сибайской обогатительных фабриках [10–12].

На Красноуральской обогатительной фабрике сужающиеся желоба испытывали на пенных продуктах основной и контрольной флотации, на медной руде Волковского месторождения с содержанием ценного компонента в руде 0,66%. По результатам испытаний установлена возможность получения медного концентрата из первых четырех камер флотомшины основной операции флотации с массовой долей меди в нем 12,6% при извлечении меди 29,31%. Также возможно получение промпродукта с первых восьми камер флотомшины контрольной операции флотации с массовой долей меди в нем 4,6% при извлечении меди 8,2%. Промпродукт по качеству соответствует пенному продукту основной флотации и может быть сразу направлен на перецистные операции.

На Бурибаевской обогатительной фабрике в результате испытаний сужающихся желобов установлено, что разделение по высоте пенного слоя на два разнокачественных продукта приводит к получению кондиционного концентрата в процессе основной флотации при извлечении ценного минерала 58%. В дальнейшем, благодаря внедрению в эксплуатацию сужающихся желобов, существует возможность снижения энергетических и машиноемких затрат.

На основании предыдущих исследований были проведены испытания трех сужающихся желобов разной конструкции на Сибайской обогатительной фабрике. Установлено, что в цикле основной флотации с первых восьми камер флотомашин возможен наибольший прирост показателей обогащения при использовании желоба с прямым углом сужения. В результате исследования получен положительный экономический эффект.

Таким образом, применение сужающихся желобов на пенных продуктах основной флотации обеспечивает получение кондиционного концентрата в верхнем пенном продукте. Доказана возможность существенного уменьшения машиноемкости обогатительной фабрики при повышении технологических показателей сульфидной флотации.

Теоретический анализ флотогравитационного обогащения пенных продуктов в сужающихся желобах

В процессе флотации формирование пенного слоя происходит при постоянном поступлении на поверхность пульпы пузырьков с закрепившимися на них частицами. Образуется трехфазная пена, которая включает в себя жидкую, газообразную и твердую фазы.

Частицы твердой фазы в пене могут быть закреплены на пузырьках; механически сжатыми между пузырьками и частицами; находящимися в жидкой фазе. А выходят из пенного слоя в пульпу в виде свободных частиц в жидкой фазе, что в свою очередь, называется вторичной концентрацией.

Вторичная концентрация минералов в пене приводит к формированию разнокачественных слоев пены [13–15]. Существуют различные способы интенсификации процесса вторичной концентрации минералов, в том числе

орошение жидкостью и двухфазной пеной [16], водой [17, 18], паром [19]. С целью интенсификации процесса вторичной концентрации минералов в пене проведены исследования возможности обогащения пенных продуктов в сужающихся желобах [14]. Сужение пенного продукта в желобе позволяет за счет гидродинамики потоков пены эффективно разделять ее на продукты обогащения.

В работе [11] исследование гидродинамики потоков пены в сужающемся желобе показало, что скорость движения нижних слоев пены существенно выше, чем скорость движения верхних слоев. Доказано, что увеличение толщины пенного слоя в сужающемся желобе способствует более эффективному удалению из пены гидрофильных частиц. Это позволит снизить потери ценного компонента при повышении качественных показателей процесса.

Экспериментальные исследования флотогравитации при обогащении пенных продуктов в сужающемся желобе

Исследование проводили в лабораторных условиях на пробе окисленных железосодержащих хвостах обогащения. Выполнено изучение характеристик исходных хвостов. В результате изучения вещественного состава установлено: массовая доля железа в хвостах составляет около 33%; главными минералами-концентраторами железа являются гидроксиды железа; они же присутствуют практически во всех минералах пробы, а также — в цементирующей массе. Опыты проводили методом обратной флотации с обогащением пенного продукта в сужающемся желобе (флотогравитация). Для проведения опытов использовали лабораторную пневмомеханическую флотомашину с объемом камеры один литр

и лабораторный сужающийся желоб. Пробы перед флотацией и флотогравитацией измельчали до крупности 65% класса –50 мкм.

Из исходных измельченных хвостов подготовили пульпу с содержанием твердого 30%. В пульпу последовательно подавали реагенты: подавитель флотации железосодержащих минералов — декстрин 300 г/т; регулятор среды — едкий калий 3 кг/т; собиратель пустой породы — первичный амин 250 г/т; вспениватель — Т-80 80 г/т. Время агитации для каждого реагента две минуты. Скорость импеллера флотомашин составляла: для агитации — 2000 об/мин; для флотации — 1200 об/мин. Давление воздуха в аэрационной системе составляло 0,1 МПа. Схема проведения опытов флотогравитации представлена на рисунке. Для сравнения результатов провели опыты флотации по стандартной схеме при тех же режимах.

По продуктам обогащения в каждом опыте определяли выход, содержа-

ние ценного компонента и извлечение железа по отношению к исходным хвостам. В табл. 1 и 2 приведены показатели обогащений в сравниваемых процессах.

При сравнении результатов табл. 1 и 2 установлено, что использование флотогравитации с обогащением пенного продукта в сужающемся желобе приводит к снижению потерь железа с 13,57% в режиме флотации до 4,09% при обогащении пенного продукта в сужающемся желобе в режиме флотогравитации.

Обсуждение результатов

Установлено, что при флотогравитации верхний пенный продукт является отвальными хвостами с массовой долей железа в нем 5,9% при потерях железа 4,09%. Пенный нижний продукт является промпродуктом с массовой долей железа 26,3% при его извлечении 36,1%. В камерном продукте флотомашин получен железный концентрат,

Таблица 1

Результаты распределения железа по продуктам флотационного обогащения Size grading of iron by products of flotation processing

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля железа, %	Извлечение, %
Пенный	39,10	11,45	13,57
Камерный	60,90	46,80	86,37
Итого	100,00	33,00	100,00

Таблица 2

Результаты распределения железа по продуктам флотогравитационного обогащения с применением сужающегося желоба Size grading of iron by products of flotogravitation processing with froth treatment in converging chutes

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля железа, %	Извлечение, %
Пенный верхний	22,90	5,90	4,09
Пенный нижний	45,30	26,30	36,10
Камерный	31,80	62,00	59,75
Итого	100,00	33,00	100,00

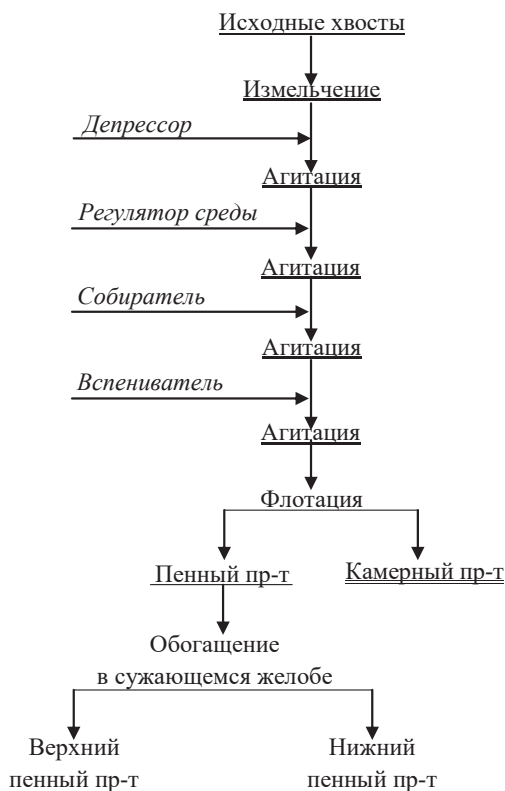


Рис. Схема проведения опытов обогащения окисленных железосодержащих хвостов флотогравитационным методом с обогащением пенного продукта в сужающемся желобе
 Fig. Scheme of Experiments for Enrichment of Oxidized Iron-Containing Tailings by Flotogravitational Method with Enrichment of Foam Product in a Narrowing Chute

массовая доля которого составляет 62%, а извлечение железа в концентрате составляет 59,75% по отношению к исходному питанию.

Экспериментальные исследования флотогравитации с обогащением пенного продукта в сужающемся желобе на окисленных железосодержащих хвостах обогащения показали возможность получения кондиционного железного концентрата в камерном продукте флотомашины и отвальных хвостов в верхнем пенном продукте сужающегося желоба. Промпродукт получен в нижнем пенном продукте, который может быть направлен в различные точки схемы флотогравита-

ции совместно с продуктами близкого качества.

Высокая эффективность разделения пенного слоя по высоте в сужающемся желобе на разнокачественные продукты подтверждается испытаниям в промышленных условиях обогатительной фабрики ОАО «Святогор». Это свидетельствует о целесообразности внедрения технологии флотогравитации с обогащением пенных продуктов флотации в сужающихся желобах на обогатительных фабриках.

Заключение

Полученные результаты показывают дополнительную возможность доизвле-

чения железа из хвостов обогащения обогатительных фабрик, уменьшая потери ценного компонента с отвальными хвостами. Имеет смысл применение данной

технологии на существующих фабриках, так как возможно сократить машиноёмкость, энергетические и капитальные затраты флотационного отделения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чантурия В. А., Шадрунова И. В., Горлова О. Е. Инновационные процессы глубокой и комплексной переработки техногенного сырья в условиях новых экономических вызовов. Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. — Алматы, 2018. Изд-во: Каз. научно-исследовательский технический университет. С. 7–13. DOI: 10.31643/2018–7.45.

2. Hassanzaden A., Cagiziki S., Ozturd Z. A novel statistical insight to selection of the best flotation kinetic model // XXIX International mineral processing congress, Moscow, 17–21 Sept. 2018. 67 p.

3. Asghar Azizi, Mojtaba Masdarian, Ahmad Hassanzadeh, Zahra Bahri, Tomasz Niedoba and Agnieszka Surowiak Parametric Optimization in Rougher Flotation Performance of a Sulfidized Mixed Copper Ore. July 2020. Minerals. 10(8): pp. 1–19. DOI: 10.3390/min10080660.

4. Славин Г. П. Флотация и флотогравитация руд. М.: Госгортехиздат. — 1960. — 132 с.

5. Комлев А. М. Новый флотогравитационный аппарат / А. М. Комлев, И. И. Ручкин, М. Г. Видуецкий и др. // Обогащение руд. — 1980. — № 4. — С. 33–37.

6. Плаксин И. Н. Флотоотсадка — новый вариант флотогравитационного обогащения / И. Н. Плаксин, С. С. Шахматов // Известия вузов. Горный журнал. — 1965. — № 8. — С. 40–44.

7. Патент № 2334559 (РФ) Устройство для центробежно-гравитационной флотации и обессеривания угля / Э. П. Ячущко // Заявл. 11.05.2006. — № 2006116221/03 — Оpubл. 27.09.2008. — Бюлл. № 27.

8. Патент № 2501609 (РФ) Центробежный аппарат для флотогравитации / В. Е. Дьяков // Заявл. 28.08.2012. — № 2012136771/03 — Оpubл. 20.12.2013. — Бюлл. № 35.

9. Интогарова И. Т. Совершенствование флотоклассификации медных руд на основе обогащения пенных продуктов в сужающихся желобах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.13 / Интогарова Татьяна Ивановна. — Екатеринбург, 2021. — 19 с.

10. Морозов Ю. П. Теоретическое обоснование и разработка новых методов и аппаратов извлечения тонкодисперсных благородных металлов из руд: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 25.00.13 / Морозов Юрий Петрович. — Екатеринбург, 2001. — 397 с.

11. Валиева О. С., Интогарова Т. И., Бекчурина Е. А., Морозов Ю. П. Преимущества применения флотоклассификаторов в замкнутом цикле измельчения // Горный журнал. — 2019. — №2. — С. 51–56. DOI: 10.17580/gzh.2019.02.10.

12. Morozov Y.P., Bekchurina E. A. The laws of froth products beneficiation in tapered chutes // XXIX International mineral processing congress, Moscow, 17–21 Sept. 2018. — P. 35.

13. Зайкин Н. В. Закономерности обогащения пенных продуктов Балхашской ОФ в сужающихся желобах / Н. В. Зайкин // Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа регионам», 24–25 апреля 2017 г., г. Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2017. С. 293–294.

14. Колтунов А. В., Валиева О. С., Интогарова Т. И., Хамидулин И. Х. Разомкнутые схемы флотации сульфидных медных руд с обогащением пенных продуктов в сужающихся желобах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 11–1. — С. 318–327. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_318.

15. Фалей Е. А. А. В. Т. И. О. С. Флотоклассификация с разделением пенного продукта в сужающемся желобе // Научные основы и практики переработки руд и тех-

ногенного сырья: мат-ры междунар. науч.-техн. конф., 6–7 апреля 2016 г., г. Екатеринбург. — Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2016. — С. 242–245.

16. Шумилова Л. В., Костикова О. С. Влияние режимных параметров на эффективность работы флотомашины Jameson Cell // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014, № 6. — С. 207–212.

17. Kaya M., Laplante A. R. Froth washing technology in mechanical flotation machines // 17th International mineral processing congress, Dresden, 23–28 Sept. 1991. — S.I, 1991. — Vol. 2. — pp. 203–214.

18. Ireland P., R. G. J. The behavior of wash water injected into a froth // International Journal of Mineral Processing. Volume 84, Issues 1–4. — 2007. — pp. 99–107.

19. А. С. № 1456229 (СССР). Способ флотационного обогащения полезных ископаемых / Оглоблин Н. Д., Самойлов А. И., Гавриленко Т. А. — Опубл. 07.02.1989. — Бюлл. № 5. **ПАТ**

REFERENCES

1. Chanturiia V. A., Shadrinova I. V., Gorlova O. E.. Innovative processes of deep and integrated processing of technogenic raw material in the conditions of new economic challenges. Effective technologies of non-ferrous, rare, and precious metals production. Materials of International Scientific and Practical Conference. Almaty: Kaz. research technical university Publ.; 2018. pp 7–13. DOI: 10.31643/2018–7.45. [In Russ].

2. Hassanzaden A., Cagiziki S., Ozturd Z. A novel statistical insight to selection of the best flotation kinetic model. XXIX International mineral processing congress, Moscow, 17–21 Sept. 2018. 67 p.

3. Asghar Azizi, Mojtaba Masdarian, Ahmad Hassanzadeh, Zahra Bahri, Tomasz Niedoba and Agnieszka Surowiak Parametric Optimization in Rougher Flotation Performance of a Sulfidized Mixed Copper Ore. July 2020. Minerals. 10(8). pp. 1–19. DOI: 10.3390/min10080660

4. Slavin G. P. Flotation and flotation of ores. Moscow: Gosgortekkhizdat. 1960. 132 p. [In Russ].

5. Komlev A. M. New flotogravitation apparatus. A. M. Komlev, I. I. Ruchkin, M. G. Viduetsky et al.. Ore processing. 1980. no. 4. pp. 33–37. [In Russ].

6. Plaksin I. N. Flotation a new option of flotation gravity concentration. I. N. Plaksin, S. S. Shakhmatov. Izvestiya vuzov. Mining journal. 1965. no. 8. pp. 40–44. [In Russ].

7. Patent no. 2334559 (RF) Device for centrifugal-gravitational flotation and desulfurization of coal/E. P. Yachushko//Application. 11.05.2006. no. 2006116221/03. Publ. 27.09.2008. Bull. no. 27. [In Russ].

8. Patent no. 2501609 (RF) Centrifugal apparatus for flotation/V. E. Dyakov//Application. 28.08.2012. no. 2012136771/03. Publ. 20.12.2013. Bull. no. 35. [In Russ].

9. Intogarova I. T. Improvement of flotoclassification of copper ores on the basis of enrichment of foam products in tapering chutes: abstract dis. ... cand. tech. sciences: 25.00.13. Intogarova Tatyana Ivanovna. Ekaterinburg, 2021. pp. 9–27. [In Russ].

10. Morozov Yu. P. Theoretical substantiation and development of new metasheets and devices for extraction of fine noble metals from ores: abstract dis. dr. tekhn. sciences: 25.00.13. Morozov Yuri Petrovich. Ekaterinburg, 2001. 397 p. [In Russ].

11. Valieva O. S., Intogarova T. I., Bekchurina E. A., Morozov Yu. P. Advantages of applying flotation classification in closed grinding circuit. *Gornyi zhurnal*. no. 2, 2019. pp. 51–56. DOI: 10.17580/gzh.2019.02.10 [In Russ].

12. Morozov Y. P., Bekchurina E. A. The laws of froth products beneficiation in tapered chutes. XXIX International mineral processing congress, Moscow, 17–21 Sept. 2018. 35 p. [In Russ].

13. Zaikin N. V. Patterns of beneficiation of foam products of the Balkhash Concentrator in narrowing gutters. International Scientific and Practical Conference «Ural Mining School

for the Regions», April 24–25, 2017, Yekaterinburg, Publishing House in USMU, 2017. pp. 293–294. [In Russ].

14. Koltunov A. V., Valieva O. S., Intogarova T. I., Khamidulin I. Kh. Open-circuit flotation of copper sulfide ore with froth treatment in narrowing chutes. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(11–1):318–327. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_111_0_318.

15. Faley E. A., A. V. T. I. Valieva Flotoclassification with foam product separation in a narrowing chute. Scientific basis and practice of ore and technogenic raw materials processing: Matters of International scientific and technical conference, April 6–7, 2016, Ekaterinburg. Yekaterinburg: Fort Dialog–Iset Publishing House, 2016. pp. 242–245. [In Russ].

16. Shumilova L. V., Kostikova O. S. Influence of operating parameters on the efficiency of the Jameson Cell. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2014, no. 6. pp. 207–212. [In Russ].

17. Kaya M., Laplante A. R. Froth washing technology in mechanical flotation machines. 17th International mineral processing congress, Dresden, 23–28 Sept. 1991. S.I, 1991. ol. 2. pp. 203–214.

18. Ireland P. R. G. J. The behavior of wash water injected into a froth [Text]/. *International Journal of Mineral Processing*. Volume 84, Issues 1–4. 2007. pp. 99–107.

19. A. S. no. 1456229 (USSR). The method of flotation enrichment of minerals. Ogloblin N. D., Samoilov A. I., Gavrilenko T. A. Publ. 02/07/1989. Bull. no. 5. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Упорова Ирина Валерьевна*¹ – инженер-исследователь,
e-mail: uporova2013@mail.ru;

*Интогарова Татьяна Ивановна*² – канд. техн. наук, доцент кафедры Горного дела;
¹ Уральский государственный горный университет, 620075, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30, Россия;

² Политехнический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова, 678174, Республика Саха (Якутия), г. Мирный, ул. Ойунского, д. 14, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Uporova I. V.*¹, Research Engineer, e-mail: uporova2013@mail.ru;

*Intogarova T. I.*², Cand. Sci. (Eng.), associate professor of the department of mining of the Mirny Polytechnic Institute (Branch) of North-Eastern Federal University;

¹ Ural State Mining University, 620075, Yekaterinburg, ul. Kuybysheva, 30, Russia;

² Polytechnic Institute (Branch) of the North-Eastern Federal University M. K. Ammosova, 678174, Republic of Sakha (Yakutia), Mirny, Oyunsky st., 14, Russia.

Получена редакцией 16.06.2022; получена после рецензии 14.09.2022; принята к печати 10.10.2022.

Received by the editors 16.06.2022; received after the review 14.09.2022; accepted for printing 10.10.2022.

