

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПОПУТНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ПРИ ОБОГАЩЕНИИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ ПЕСКОВ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ АО «АЛМАЗЫ АНАБАРА»

О.Ю. Очосов<sup>1</sup>, А.И. Матвеев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения РАН,  
Якутск, Россия, e-mail: ochos@mail.ru

**Аннотация:** Проведено исследование возможности увеличения извлечения мелкого и тонкого золота методом центробежной концентрации в условиях попутного извлечения золота при обогащении алмазосодержащих песков, разрабатываемых АО «Алмазы Анабара». Испытан центробежно-вибрационный концентратор конструкции ИГДС СО РАН разработанный на основе ранее проведенных исследований, особенность которого в отличие от существующих аналогов заключается в том, что рабочий орган совершает вибрационные колебания, направленные вдоль оси своего вращения. Для сравнения параметров работы центробежно-вибрационного концентратора конструкции ИГДС СО РАН параллельно был испытан центробежный концентратор ИТОМАК КН-0,1, действие которого сопровождается флюидизацией формирующейся минеральной постели в процессе обработки водой, поступающей через отверстия в стенках рабочего органа. Проведен расчет технологических показателей применяемой технологии обогащения золота на основе шлюзов мелкого наполнения (ШМН) на одном из типовых добычных участков АО «Алмазы Анабара» согласно инструкции ВНИИ-1. По итогам испытаний получен фактический уровень извлечения применяемой технологии обогащения золота на основе ШМН, который составил 41,1%; получены сравнимые показатели извлечения центробежно-вибрационного концентратора конструкции ИГДС СО РАН и концентратора ИТОМАК КН-0,1, которые составили 92,8% и 46,5% соответственно.

**Ключевые слова:** центробежный концентратор, обогащение, извлечение, вибрационные колебания, центробежная сила, постель, тяжелые минералы, золото, концентрат, хвосты.

**Для цитирования:** Очосов О. Ю., Матвеев А. И. Применение метода центробежной концентрации в условиях попутного извлечения золота при обогащении алмазосодержащих песков, разрабатываемых АО «Алмазы Анабара» // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 1. – С. 120–129. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-120-129.

### Use of centrifugal concentration in by-recovery of gold in diamond-bearing sand processing at Almazы Anabara

O.Yu. Ochosov<sup>1</sup>, A.I. Matveev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chersky Mining Institute of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia, e-mail: ochos@mail.ru

---

**Abstract:** Potential increment in extraction of fine and very fine gold by the method of centrifugal concentration in by-recovery of gold in diamond-bearing sand processing at Almazy Anabara has been studied. The tests used the centrifugal vibratory concentrator earlier designed at the Institute of Mining of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences. As against the existing analogs, this machine generates vibrations directed along its rotation axis. Efficiency of this centrifugal vibratory concentrator was compared with performance of centrifugal concentrator ITOMAK KN-0,1 which concurrently fluidizes the forming mineral bed with water inflow via orifices in the walls of the operating element. The production data of the proposed gold processing technology are calculated using the yield of the shallow filling gateways at a production site of Almazy Anabara as per VNII-1 manual. From the test results, the actual gold recovery obtained with the proposed processing technology in shallow filling gateway is 41.1%. Gold yields of the centrifugal vibratory concentrator of the Institute of Mining of the North and concentrator ITOMAK KN-0,1 make 92.8% and 46.5%, respectively.

**Key words:** centrifugal concentrator, processing, recovery, vibrations, centrifugal force, heavy minerals, gold, concentrate, tailings.

**For citation:** Ochosov O. Yu., Matveev A. I. Use of centrifugal concentration in by-recovery of gold in diamond-bearing sand processing at Almazy Anabara. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(1):120-129. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-120-129.

---

## Введение

Для многих регионов России горнодобывающая промышленность была, есть и останется в перспективе основой социально-экономического развития. К этим регионам относятся Якутия и Северо-Восток России с неразвитой инфраструктурой, со сложными геокриологическими, физико-географическими условиями, удаленные от предприятий, перерабатывающих минеральное сырье. К числу ключевых проблем развития горнодобывающей промышленности относится модернизация существующих технологий переработки и обогащения золота, в том числе создание новых рациональных геотехнологий, отвечающих современным требованиям эффективности производства. Основная задача эффективного недропользования на современном этапе в части обогащения и переработки золотосодержащего сырья формулируется как повышение уровня полноты и комплексности извлечения полезных компонентов при добыче и переработке, а также глубокой переработке

продуктов извлечения на основе детального изучения технологических свойств труднообогатимого золота.

На фоне постепенного сокращения запасов золотосодержащих месторождений в переработку начинает вовлекаться минеральное сырье с более низким содержанием золота или с преобладающим содержанием труднообогатимого золота, но при этом традиционные технологии обогащения золота, в особенности, на базе промприборов и небольших обогащительных установок остаются ориентированными на переработку и обогащение легкообогатимого минерального сырья. В связи с этим технологические потери при использовании традиционных технологий добычи могут достигать 25 – 54%.

Как известно, основным параметром, характеризующим труднообогатимость золота, является его фракционный состав и крупность: чем мельче золото, тем сложнее оно поддается обогащению, поэтому первостепенное решение проблем обогащения мелкого и тонкого

золота остается актуальной задачей [1]. Помимо этого, решение проблем обогащения мелкого и тонкого золота повышает эффективность комплексного и рационального использования природных ресурсов.

### Существующая технология

Доизвлечение мелкого и тонкого золота, теряющегося с хвостами обогащения, в ряде случаев экономически выгодно, причем не только собственно из золотоносных, но и таких, в которых основными являются другие полезные компоненты, такие как медь, никель, железо цинк и т.д., поскольку исключаются затраты на вскрышные работы, добычу, доставку песков на промывочную установку.

В частности, АО «Алмазы Анабара» ведется попутное извлечение золота при добыче и обогащении алмазосодержащих песков с использованием типового шлюзового оборудования. В соответствии с выбранной технологией обогащения алмазосодержащих россыпных

песков, перерабатываемых АО «Алмазы Анабара», хвосты сортировочных комплексов (передвижных модульных установок совместно с тяжелосредней сепарацией) крупностью минус 1,2 мм обогащаются на шлюзах мелкого наполнения (ШМН) для извлечения мелкого и тонкого золота. Применяемая технологическая схема обогащения золотосодержащего материала из хвостов сортировочных комплексов показана на рис. 1.

С целью повышения эффективности рационального использования природных ресурсов, АО «Алмазы Анабара» совместно с ИГДС СО РАН проведены исследования возможности уменьшения потерь мелкого и тонкого золота при попутном обогащении.

На начальном этапе исследований была проведена оценка эффективности работы принятой технологии обогащения. Технологические расчеты, выполненные по методическим рекомендациям инструкции ВНИИ-1 [2] с учетом гранулометрического состава золота,



Рис. 1. Технологическая схема обогащения золотосодержащего материала из хвостов сортировочных комплексов

Fig. 1. Flow chart of gold extraction from sorting tailings

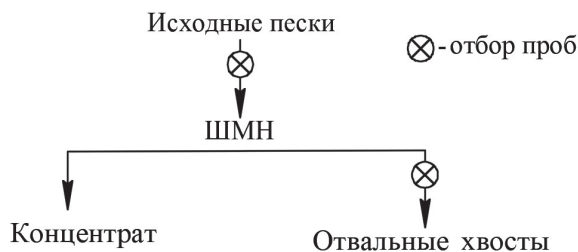


Рис. 2. Схема проведения опробования ШМН  
 Fig. 2. Flow chart of shallow filling gateway sampling

поступающего на шлюз мелкого наполнения, показали уровень нормативных потерь золота 53,69%.

В последующем на одном из типовых добычных участков было проведено опробование ШМН с целью определения фактических технологических показателей его работы. Схема проведения опробования показана на рис. 2. Согласно рис. 2 отбор проб производился из исходного питания и хвостов ШМН, концентрат отдельно перерабатывался в доводочном цехе для получения наиболее достоверных технологических показателей и последующего расчета баланса металлов. Результаты опробования показаны в табл. 1.

Как видно из табл. 1, фактический уровень потерь золота при использовании ШМН выше расчетных и составляет 58,8%.

### Испытание центробежных концентраторов

Учитывая полученные результаты опробования ШМН, в качестве возможных вариантов решений, позволяющих снизить уровень потерь золота, были проведены испытания технологий обогащения с применением центробежной концентрации, хорошо зарекомендовавшей себя в области обогащения мелкого и тонкого золота [3, 4].

Известно, что активное использование центробежной силы в концентраторах позволяет обогащать мелкие и тонкие частицы золота с более высокой эффективностью относительно оборудования, где разделение происходит под действием преимущественно гравитационной силы тяжести. Но, в свою очередь, конструкция безнапорных концентраторов отличается своей сложностью

Таблица 1

#### Результаты опробования ШМН Shallow filling gateway sampling data

№	Операции и продукты	Выход		Содержание Au	Извлечение
		м <sup>3</sup>	%	г/м <sup>3</sup>	%
<b>поступает:</b>					
1	Исходные пески	76,90	100,00	0,053	100,00
	Итого:	76,90	100,00	0,053	100,00
<b>выходит:</b>					
2	Концентрат ШМН	0,08	0,11	19,80	41,12
3	Хвосты ШМН	76,82	99,89	0,031	58,88
	Итого:	76,90	100,00	0,053	100,00



Рис. 3. Центробежный концентратор ИТОМАК КН-0,1

Fig. 3. Centrifugal concentrator ITOMAK KN-0,1

и, соответственно, высокой стоимостью. Помимо этого, сложность конструкции обуславливает особые требования к условиям эксплуатации и обслуживающему персоналу. Аналогичные исследования проводились как отечественными, так и зарубежными специалистами [5–17].

В ходе исследований были испытаны два вида центробежных концентратора, работающих с флюидизацией формирующейся минеральной постели в процессе обработки водой, поступающей через отверстия в стенках рабочего органа, в данном случае концентратор Итомак КН-0,1 (рис. 3) и центробежно-вибрационный концентратор (ЦВК) разработки ИГДС СО РАН [11] (рис. 4). Концентратор ЦВК отличается от су-

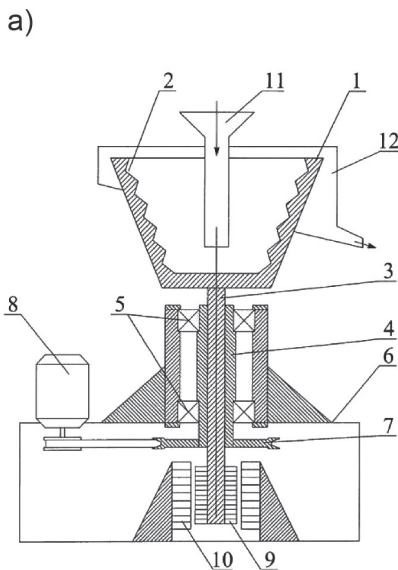


Рис. 4. Центробежно-вибрационный концентратор (ЦВК) разработки ИГДС СО РАН: принципиальная схема концентратора (а); общий вид концентратора (б); 1 – рабочий орган, 2 – улавливающие рифли, 3 – центральный вал, 4 – приводной вал, 5 – несущие подшипники, 6 – несущий корпус, 7 – клиноременная передача, 8 – электродвигатель, 9 – сердечник вибратора, 10 – электрические катушки вибратора, 11 – патрубок исходного питания, 12 – устройство для разгрузки продуктов разделения

Fig. 4. Centrifugal vibratory concentrator (CVC) designed at the Institute of Mining of the North, SB RAS: (a) basic diagram; (b) general view; 1 – operating element; 2 – catching riffles; 2 – central shaft; 4 – gear shaft; 5 – principal bearings; 6 – load-bearing body; 7 – V-belt transmission; 8 – electric motor; 9 – vibrator core; 10 – electric coils of vibrator; 11 – initial feed tube; 12 – discharging facility for separation products

Таблица 2

**Результаты испытаний концентратора Итомак КН-0,1**  
**Concentrator ITOMAK KN-0,1: test results**

№	Операции и продукты	Выход	Содержание Au	Извлечение
		%	г/т	%
<b>поступает:</b>				
1	Питание Итомак КН-0,1	100,00	0,053	100,00
	Итого	100,00	0,053	100,00
<b>выходит:</b>				
1	Концентрат	0,36	6,846	46,5
2	Хвосты	99,64	0,028	53,5
	Итого	100,00	0,053	100,00

ществующих аппаратов тем, что конструкция и привод устройства позволяет возбуждать вибрационные колебания рабочего органа по оси своего вращения. Такая направленность воздействия вибрационных колебаний на минеральную постель относительно направления действия центробежной силы позволяет сформировать циркуляционные потоки внутри улавливающих рифлей, охватывающих весь ее объем, достаточные для поддержания разрыхленного состояния минеральной постели и способствующие перемещению тяжелых частиц от легких, что в свою очередь позволяет максимально концентрировать в ней частицы золота.

Для наиболее широко распространенных безнапорных концентраторов, работающих с использованием флюидизационного способа разрыхления минеральной постели, одним из важных условий эксплуатации, обеспечивающих эффективность его работы, является подача чистой воды для снятия излишней вязкости пульпы и нейтрализации влияния тонкодисперсных взвешенных шламов, что в большинстве случаев при разработке россыпных месторождений предполагает дополнительные затраты. В случае неизбежности использования оборотной воды эффективность извле-

чения золота могут обеспечивать безнапорные центробежные концентраторы, разрыхляющие минеральную постель вибрационным способом [18].

Испытания центробежных концентраторов были проведены одновременно при проведении опробования ШМН для обеспечения равномерного содержания золота в исследуемых пробах исходного питания для обоих центробежных концентраторов и ШМН и для получения сравнимых результатов.

Была разработана методика проведения исследований, в ходе которой были подобраны оптимальные режимные параметры работы концентраторов. Согласно методике, пробы обрабатывались на концентраторах в две стадии. Концентрат с первой основной стадии принимался для расчета извлечения концентраторов. Вторая контрольная стадия многократно повторялась и была необходима для проверки результатов расчета первой стадии и составления баланса металлов.

Результаты испытаний концентратора Итомак КН-0,1 приведены в табл. 2, результаты испытаний концентратора ЦВК — в табл. 3.

Технические возможности центробежного концентратора типа «Итомак» для хвостов сортировочного комплекса



Таблица 3

**Результаты испытаний концентратора ЦВК**  
**Centrifugal vibratory concentrator: test results**

№	Операции и продукты	Выход	Содержание Au	Извлечение
		%	г/т	%
<b>поступает:</b>				
1	Питание ЦВК	100,00	0,052	100,00
	Итого	100,00	0,052	100,00
<b>выходит:</b>				
2	Концентрат	0,14	34,46	92,80
3	Хвосты	99,63	0,0037	7,20
	Итого	100,00	0,052	100,00



*Рис. 5. Твердый осадок в подрифельном пространстве рабочего органа ИТОМАК КН-0,1*

*Fig. 5. Sub-riffle solid precipitation under operating element of ITOMAK KN-0,1*

ограничены извлечением золота до 62,5% при условии подачи чистой флюидизационной воды, но в производственных условиях добычного участка не удалось добиться подачи чистой оборотной воды, поэтому использовалась оборотная технологическая вода сортировочного комплекса. По этой причине рабочий орган концентратора быстро засорялся твердым осадком, содержащимся в оборотной воде (рис. 5). По этой причине извлечение концентратора показало 46,5%, что существенно ниже ожидаемых результатов.

С точки зрения извлечения золота ЦВК намного превосходит концентратор Итомак КН-01 в условиях промышленного участка и составляет 92,8%. Но с точки зрения увеличения производительности серийные концентраторы «Итомак» конструктивно имеют очевидное преимущество благодаря минимальному набору движущихся и изнашиваемых частей рабочего органа, что позволяет ему увеличивать конструкцию и объемы, и тем самым производительность. Недостаток концентраторов типа ЦВК заключается в технической сложности реализации конструкции высокопроизводительного концентратора, что сужает их применение в основных обогащательных операциях.

## Заключение

Таким образом, применение центробежных концентраторов на хвостах основных операций обогащения позволяет доизвлечь труднообогатимое мелкое и тонкое золото на относительно высоком уровне по сравнению с традиционными обогатительными установками, но при этом сложность эксплуатации центробежных концентраторов в условиях использования оборотной воды и наличия вспомогательного оборудования (дополнительная система очистки воды

или альтернативный источник чистой воды) не позволяют в полной мере реализовать потенциальные возможности данных установок. Поэтому решение проблемы водоснабжения чистой водой добычных участков и усовершенствование конструкции концентраторов типа ЦВК, направленных на увеличение производительности, позволят существенно снизить потери мелкого и тонкого золота и повысить эффективность рационального использования природных ресурсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мязин В. П., Литвинцева О. В., Закиева Н. И. Технология обогащения золотосодержащих песков: учебное пособие. — Чита: ЧитГУ, 2006. — 110 с.
2. Инструкция ВНИИ-1 по нормированию технологических потерь золота при промывке золотосодержащих песков на промывочных приборах. Утв. Управлением природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Магаданской области. — Магадан, 2004. — 15 с.
3. Шохин В. Н., Лопатин А. Г. Гравитационные методы обогащения. Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1993. — С. 300—301.
4. Федотов К. В., Тютюнин В. В. Обогащение в центробежных концентраторах: монография. — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009 — 120 с.
5. Uslu T., Celep O. Enrichment of low-grade colemanite concentrate by Knelson Concentrator // Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2015. Vol. 115. No 3. Pp. 229—233.
6. Woodcock F. C., Laplante A. R. Use of a Knelson unit to quantify gravity recoverable gold in an ore. Institute: McGill University (Canada), dissertation year: 1996.
7. Zhu X., Tao Y. J., Sun Q., Xue Y., Zhang W. Particle migration regularity in compound force field of enhanced gravity concentrator // International Journal of Coal Preparation and Utilization. 2019. Vol. 39. No 4. Pp. 219—231.
8. Ma L., Wei L., Zhu X., Xu D., Pei X., Xue H. Numerical studies of separation performance of Knelson concentrator for beneficiation of fine coal // International Journal of Coal Preparation and Utilization. 2018. Pp. 1—11. DOI: 10.1080/19392699.2018.1434165.
9. Kademli M., Aydogan N. A. An extraction of copper from recycling plant slag by using Falcon concentrator // Gospodarka Surowcami Mineralnymi — Mineral Resources Management. 2019. Vol. 35. No 1. Pp. 117—128. DOI: 10.24425/gsm.2019.128202.
10. Zhu X., Tao Y., Zhang L. Numerical simulation of flow field in enhanced gravity concentrator // Physicochemical Problems of Mineral Processing. 2018. Vol. 54. No 3. Pp. 975—980.
11. Солоденко А. А. Испытания на эффективность центробежных концентраторов Falcon при обогащении золотосодержащей руды коренного месторождения // Цветная металлургия. — 2012. — № 6. — С. 39—41.
12. Ананенко К. Е., Кондратьева А. А., Зашихин А. В. Извлечение тяжелых минералов центробежными аппаратами // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 2-2. — С. 50.




13. Алгебраистова Н. К., Самородский П. Н., Колотушкин Д. М., Прокопьев И. В. Технология извлечения золота из золотосодержащего техногенного сырья // Обогащение руд. — 2018. — № 1. — С. 33–37.

14. Очосов О. Ю., Матвеев А. И. Разделение минеральных частиц в поле действия центробежных сил и вибрационных колебаний / Сборник трудов конференции «Проблемы горных наук: Взгляд молодых ученых». — Якутск: изд-во «Ахсаан», 2014. — С. 76–79.

15. Очосов О. Ю., Матвеев А. И. Повышение эффективности разделения минеральных частиц под действием центробежных сил за счет использования направленных вибрационных колебаний // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 10. — С. 259–265.

16. Очосов О. Ю., Матвеев А. И. Изучение влияния вибрационных колебаний на процесс концентрации тяжелых минералов под действием центробежной силы // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 9. — С. 179–185. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-9-0-179-185.

17. Очосов О. Ю., Матвеев А. И. Патент № 2535323 Российская Федерация, МПК В03В 5/32. Центробежно-вибрационный концентратор для разделения минералов; заявитель и патентообладатель Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения РАН. № 2013109952/03; заявл. 05.03.2013; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34.

18. Бочаров В. А., Игнаткина В. А. Технология обогащения золотосодержащего сырья: Учебное пособие для вузов. — М.: Изд. дом «МИСиС», 2011. — С. 407. 

## REFERENCES

1. Myazin V. P., Litvintseva O. V., Zakieva N. I. *Tekhnologiya obogashcheniya zolotosoderzhashchikh peskov*: учебное пособие [Dressing technology for gold-bearing sand: Educational aid], Chita, ChitGU, 2006, 110 p.

2. *Instruktsiya VNII-1 po normirovaniyu tekhnologicheskikh poter' zolota pri promyvke zolotosoderzhashchikh peskov na promyvochnykh priborakh* [VNII-1 manual on rating of gold loss in gold-bearing sand sluicing], Magadan, 2004, 15 p.

3. Shokhin V. N., Lopatin A. G. *Gravitatsionnye metody obogashcheniya*. Uchebnik dlya vuzov. 2-e izd. [Gravity concentration methods. Textbook for high schools. 2nd edition], Moscow, Nedra, 1993, pp. 300–301.

4. Fedotov K. V., Tyutyunin V. V. *Obogashchenie v tsentrobezhnykh kontsentratorakh*: monografiya [Dressing in centrifugal concentrators: monograph], Irkutsk, Izd-vo IrGTU, 2009, 120 p.

5. Uslu T., Celep O. Enrichment of low-grade colemanite concentrate by Knelson Concentrator. *Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2015. Vol. 115. No 3. Pp. 229–233.

6. Woodcock F. C., Laplante A. R. *Use of a Knelson unit to quantify gravity recoverable gold in an ore*. Institute: McGill University (Canada), dissertation year: 1996.

7. Zhu X., Tao Y. J., Sun Q., Xue Y., Zhang W. Particle migration regularity in compound force field of enhanced gravity concentrator. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. 2019. Vol. 39. No 4. Pp. 219–231.

8. Ma L., Wei L., Zhu X., Xu D., Pei X., Xue H. Numerical studies of separation performance of Knelson concentrator for beneficiation of fine coal. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. 2018. Pp. 1–11. DOI: 10.1080/19392699.2018.1434165.

9. Kademli M., Aydogan N. A. An extraction of copper from recycling plant slag by using falcon concentrator. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*. 2019. Vol. 35. No 1. Pp. 117–128. DOI: 10.24425/gsm.2019.128202.

10. Zhu X., Tao Y., Zhang L. Numerical simulation of flow field in enhanced gravity concentrator. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. 2018. Vol. 54. No 3. Pp. 975–980.

11. Solodenko A.A. Efficiency tests of centrifugal concentrators Falcon in processing gold ore from primary deposit. *Tsvetnaya metallurgiya*. 2012, no 6, pp. 39–41. [In Russ].

12. Ananenko K. E., Kondrat'eva A. A., Zashikhin A. V. Extraction of heavy minerals on centrifugal apparatuses. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015, no 2-2, pp. 50. [In Russ].

13. Algebraistova N. K., Samorodskiy P. N., Kolotushkin D. M., Prokop'ev I. V. Technology of gold recovery from gold-bearing waste. *Obogashchenie rud*. 2018, no 1, pp. 33–37. [In Russ].

14. Ochosov O. Yu., Matveev A. I. Dissociation of mineral particles in the field of vibrations and centrifugal forces]. *Sbornik trudov konferentsii «Problemy gornykh nauk: Vzglyad molodykh uchenykh»* [Challenges in Mining Sciences: Vision of Young Scientists. Conference Proceedings], Yakutsk, izd-vo «Akhsaan», 2014, pp. 76–79. [In Russ].

15. Ochosov O. Yu., Matveev A. I. Enhancing efficiency of dissociation of mineral particles under action of centrifugal forces using directional vibrations. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no 10, pp. 259–265. [In Russ].

16. Ochosov O. Yu., Matveev A. I. Effect of vibrations on concentration of heavy minerals under action of centrifugal force. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no 9, pp. 179–185. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-9-0-179-185.

17. Ochosov O. Yu., Matveev A. I. *Patent RU 2535323. MPK V03V 5/32*. 10.12.2014.

18. Bocharov V. A., Ignatkina V. A. *Tekhnologiya obogashcheniya zolotosoderzhashchego syr'ya: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Gold material beneficiation technology. Higher educational aid], Moscow, Izd. dom «MISiS», 2011, pp. 407.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Очосов Олег Юрьевич<sup>1</sup> — старший инженер,  
e-mail: ochos@mail.ru,

Матвеев Андрей Иннокентьевич<sup>1</sup> — д-р техн. наук,  
академик Академии наук Республики Саха (Якутия),  
зав. лабораторией, e-mail: andrei.mati@yandex.ru,

<sup>1</sup> Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН.

**Для контактов:** Очосов О.Ю., e-mail: ochos@mail.ru.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

O. Yu. Ochosov<sup>1</sup>, Senior Engineer, e-mail: ochos@mail.ru,  
A. I. Matveev<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Academician of Academy of Sciences  
Republik of Sakha (Yakutia), Head of Laboratory,  
e-mail: andrei.mati@yandex.ru,

<sup>1</sup> Chersky Mining Institute of the North, Siberian Branch,  
Russian Academy of Sciences,  
677980, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia.

**Corresponding author:** O. Yu. Ochosov, e-mail: ochos@mail.ru.

Получена редакцией 03.07.2020; получена после рецензии 16.08.2020; принята к печати 10.12.2020.

Received by the editors 03.07.2020; received after the review 16.08.2020; accepted for printing 10.12.2020.

