

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.03
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 23.06.2021 № 9

О присуждении **Хассан Абдалла Мохамед Элбэндари**, гражданину Арабской Республики Египет, ученой степени кандидата технических наук

Диссертация «Повышение комплексности переработки фосфатных руд флотационным методом» по специальности 25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых принята к защите 21.04.2021 г., протокол № 5 диссертационным советом ГУ 212.224.03 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, приказ ректора Горного университета от 25.06.2019 г. № 863 адм с изм. от 25.11.2019 г. № 1605 адм, от 08.12.2020 г. №1775 адм, от 05.02.2021г. №178, от 21.04.2021 г. №788 адм.

Соискатель, **Хассан Абдалла Мохамед Элбэндари**, 1987 года рождения, в 2015 г. получил степень магистра горного дела в Инженерном факультете Каирского университета, г. Каир, Арабская Республика Египет. В период подготовки диссертации с 2017 г. по настоящее время соискатель **Хассан Абдалла Мохамед Элбэндари** является аспирантом очной формы обучения кафедры обогащения полезных ископаемых в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре обогащения полезных ископаемых в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель - **Александрова Татьяна Николаевна**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра обогащения полезных ископаемых, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Пестряк Ирина Васильевна - доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра общей и неорганической химии, доцент;

Мезенин Антон Олегович — кандидат технических наук, Научно-производственная корпорация «Механобр-техника» (АО), руководитель отдела продаж;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Горный институт — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты, в своем положительном отзыве, подписанном **Опалевым Александром Сергеевичем**, кандидатом технических наук, заведующим лабораторией № 32 «Новых технологических процессов и аппаратов» и **Алексеевой Светланой Александровной**, научным сотрудником, секретарем заседания и утвержденным **Лукичевым Сергеем Вячеславовичем**, доктором технических наук, директором, указала, что теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке методов и технических решений для переработки фосфатных руд как магматического, так и осадочного происхождения, которые позволяют извлекать фосфорсодержащие минералы и сопутствующие ценные компоненты. Результаты исследований могут быть использованы при проектировании и модернизации горно-обогатительных предприятий, работающих в области обогащения и переработки фосфатных руд.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК) и в 4 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент.

Общий объем – 3,31 печатных листа, в том числе 1,68 печатных листа – соискателя.

Публикации в изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Элбэндари, А.М. Минералогические особенности апатит-нефелиновой руды и их влияние на технологию обогащения / Н.В. Николаева, А.О. Ромашев, А.М. Элбэндари, Е. Ю. Кучеренко// Современные тенденции в обогащении природного и техногенного сырья различного минерального состава. Горный информационно аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – №12 (специальный выпуск 56). – 56с. – М.: Издательство «Горная книга». С. 26-34. ISSN: 0236-1493.

Соискателем изучены минералогические особенности апатит-нефелиновой руды, проведены эксперименты по измельчению и флотации.

2. Элбэндари, А.М. Моделирование реологических свойств минеральных суспензий с использованием методов вычислительной гидродинамики / В. А. Потемкин, А. М. Элбэндари // Маркшейдерия и недропользование. 2018. №1 (93). С 58-61. ISSN: 2079-3332.

Соискателем проведены исследования методологии использования программного обеспечения ANSYS Fluent для моделирования потоков неньютоновских жидкостей.

3. Элбэндари, А.М. Оптимизация реагентного режима при обогащении апатит-нефелиновых руд / А. М. Элбэндари, Т. Н. Александрова, Н. В. Николаева // Горный информационно аналитический бюллетень

(научно-технический журнал). 2020. №10. С.123-132. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-10-0-123-132.

Соискателем проведены исследования по модернизации технологий получения апатитового концентрата на основании подробного изучения и анализа вещественного, химического и минералогического составов.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

4. Elbendari, A.M. Ore strength property evaluation in the design of ore preparation cycles/ Nikolaeva, N. V., Aleksandrova, T.N., Elbendari A.M. // ISRM Regional Symposium-EUROCK 2018. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering, 2018. –pp. 333-338. (Елбэндари А.М. Оценка прочностных свойств руды при проектировании циклов рудоподготовки / Николаева Н.В., Александрова Т.Н., Елбэндари А.М. // Международный Европейский симпозиум Eurock 2018, 2018, стр. 333-338)(Scopus)

Соискатель проанализировал и выявил математические зависимости между параметрами испытаний на удар и показателями работы Бонда по данным лабораторных испытаний измельчаемости различного типа минерального сырья.

5. Elbendary, A. Influence of operating parameters on the flotation of the Khibiny Apatite-Nepheline Deposits / A. Elbendary, T. Aleksandrova, N. Nikolaeva, // Journal of Materials Research and Technology. 2019. Vol. 8(6). P.5080-5090. E-ISSN:2238-7854 (Элбэндари А. Влияние технологических параметров на флотацию апатит-нефелиновых руд Хибинских месторождений/ А. Элбэндари, Т. Александрова, Н. Николаева// Журнал исследований материалов и технологий. – 2019. Т 8(6) стр. 5080-5090. E-ISSN:2238-7854) (Scopus)

Соискатель исследовал влияние рабочих параметров, включая расход собирателя, расход депрессора, размер частиц и pH пульпы, на основную стадию флотации апатит - нефелиновых руд Хибинского месторождения.

6. Elbendari, A. Beneficiation of a low-grade phosphate ore using a reverse flotation technique / T. Aleksandrova, A. Elbendari, N. Nikolaeva // Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review. 2020. DOI: 10.1080/08827508.2020.1806834. ISSN: 0882-7508 (*Элбэндари А. Обогащение низкокачественных фосфатных руд с использованием обратной флотации/ Т. Александрова, А. Элбэндари, Н. Николаева// Обзор по обогащению полезных ископаемых и металлургии. 2020. DOI: 10.1080/08827508.2020.1806834. ISSN: 0882-7508*) (Scopus).

Соискателем изучена возможность обогащения низкосортной осадочной фосфатной руды месторождения Абу-Тартур (Египет) с использованием процесса обесшламливания и анионной/катионной обратной флотации.

7. Elbendari, A. Selective flotation of phosphorus-bearing ores / A. Elbendari, A. Aleksandrov, N. Nikolaeva, A. Afanasova // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 192. №02021 (*Элбэндари А. Селективная флотация фосфорсодержащих руд/ А. Элбэндари, А. Александров, Н. Николаева, А. Афанасова// Материалы E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 192. №02021*) (Scopus).

Соискателем было изучено влияние крупности измельчения и степени раскрытия сростков на селективность флотационного обогащения фосфорсодержащей руды.

Публикации в прочих изданиях:

8. Elbendari, A. Mineralogical and Technological Aspects of Phosphate Ore Processing. / A. Elbendari, V. Potemkin, T. Aleksandrova, N. Nikolaeva // International Congress on Applied Mineralogy. 2019. P. 59-65 (*Элбэндари А. Минералогические и технологические аспекты обогащения фосфатных руд/ А. Элбэндари, В. Потемкин, Т. Александрова, Н. Николаева// Международный конгресс по прикладной минералогии. 2019, стр. 59-65*).

Соискателем обоснована оптимальная схема переработки фосфатных руд на основе глубокого изучения минералогических особенностей данных руд.

9. Элбэндари, А. Снижение трудозатрат на получение индекса шарового измельчения бонда через применение альтернативных методик / А. Элбэндари, Л.С. Читалов, В.В. Львов // 50 лет Российской научной школе комплексного освоения недр Земли. Материалы Международной научно-практической конференции. 13-16 ноября 2017 г. – М: ИПКОН РАН, 2017. С.488-491.

Соискателем проведены исследования по определению индекса Бонда шарового измельчения для апатит-нефелиновой руды.

Патенты:

10. Патент № 2737769 Российская Федерация, МПК В03В 7/00 (2006.01), В03В 7/00 (2020.08). Способ обогащения апатитовой руды: № 2737769; заявл. 16.04.2020; опубл. 02.12.2020, Бюл. № 34. / Александрова Т.Н., Элбэндари А. М., Николаева Н. В.; заявитель СПбГУ– 12 с. – Текст: непосредственный

Апробация работы проведена на научно-практических мероприятиях с докладами:

– Международная научно-практическая конференция «50 лет российской научной школе комплексного освоения недр земли» (г. Москва, 2017). Тема доклада: Снижение трудозатрат на получение индекса шарового измельчения Бонда через применение альтернативных методик.

– Международная научно-практическая конференция «Geomechanics and geodynamics of rock masses, EUROCK 2018, Saint -Petersburg, Russia, 2018. Тема доклада: Оценка прочностных свойств руды при проектировании циклов рудоподготовки.

– Международная научно-практическая конференция «14th International congress for applied mineralogy (ICAM 2019)» (г. Белгород, 2019). Тема

доклада: Минералогические и технологические аспекты переработки фосфатной руды.

– Всероссийская конференция-школа молодых ученых и специалистов «Развитие технологий добычи и обогащения месторождений полезных ископаемых» (ГОИ КНЦ РАН, г. Апатиты, 2019). Тема доклада: Фосфатные руды: минералогические особенности переработки.

– VIII международная научно-практическая конференция «Problems of complex development of georesources» (ИГД ДВО РАН, г. Хабаровск, 2020). Тема доклада: Селективная флотация фосфорсодержащих руд.

– X всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий: Эффективное освоение месторождений полезных ископаемых» (г. Санкт-Петербург, 2020). Тема доклада: Селективная флотация несulfидных руд.

В диссертации соискателя Хассан Абдалла Мохамед Элбендари отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заместителя директора по научной работе Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, д.т.н., профессора **В.С. Курова**; заместителя директора по научно-технологическим испытаниям АО НПО «РИВС», д.т.н. **Б.А. Кутлина**; руководителя Научно-образовательного центра НПК «Механобр – техника», д.х.н., профессора **И.В. Устинова**; ведущего научного сотрудника Института горного дела Дальневосточного отделения РАН, к.т.н. **А.В. Рассказовой**; профессора кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет

им. Г.И. Носова», д.т.н., доцента **Н.Н. Ореховой**; профессора кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», д.т.н., профессора. **Е.В. Зелинской**; доцента той же кафедры, к.т.н. **А.Е. Бурдонова**; старшего научного сотрудника федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова, к.т.н. **М.В. Рязанцевой**; проректора по научной и инновационной работе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет», д.т.н. **А.Н. Хатьковой** и профессор кафедры «Водное хозяйство, экологическая и промышленная безопасность» д.т.н., вед. н.с. **Л.В. Шумиловой**; и.о. зав. лаборатории флотационных реагентов и обогащения комплексных руд Горного института КНЦ РАН, к.т.н. **Г.В. Митрофановой**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеется ряд замечаний:

1. В автореферате приведены данные планирования эксперимента процессов флотации с применением дисперсионного анализа. Однако не приведена их оптимизация (д.т.н. **В.С. Куров**).

2. Разработанная технологическая схема для комплексной переработки апатит-нефелиновых Хибинских руд включает магнитную сепарацию. Однако нет данных по технологическим параметрам сепарации и не обоснована необходимость интеграции в схему этой стадии (д.т.н. **В.С. Куров**).

3. В тексте автореферата не указаны расходы флотационных реагентов для стадий перечистных и контрольных операций для разработанной

технологической схемы переработки фосфатных руд осадочного происхождения (д.т.н. **Б.А. Кутлин**).

4. В тексте автореферата также для разработанной технологической схемы переработки фосфатных руд месторождения Абу-Тартур (Арабская Республика Египет) не указаны особенности топологии схемы (д.т.н. **Б.А. Кутлин**).

5. В автореферате не затронут вопрос организации оборонного водоснабжения при обогащении руд по предлагаемым технологическим схемам (д.х.н. **И.В. Устинов**).

6. Не рассмотрена целесообразность флотационного дообогащения отмытых шламов при переработке фосфатных руд осадочного происхождения (д.х.н. **И.В. Устинов**).

7. Рисунок 4 имеет низкое качество; маркеры, обозначающие продукты обогащения, плохо визуализируются. Рисунки 8 и 9 являются малоинформативными (к.т.н. **А.В. Рассказова**).

8. Для уравнений 2-7 не указана область определения функции (к.т.н. **А.В. Рассказова**).

9. Из автореферата не понятно на основании каких исследований приняты параметры оттирки (содержание твердого 60 % , частота оборотов импеллера 1500 об/мин, время оттирки 15 минут). Был ли проведен факторный эксперимент? (д.т.н. **Н.Н. Орехова**).

10. Не представлена экономическая оценка предлагаемых решений (д.т.н. **Н.Н. Орехова**).

11. В тексте автореферата автор не обосновывает выбор флотореагентов, используемых в операции флотации. Не понятно на основании каких критериев были выбраны триполифосфат натрия и оксиэтилированный изотридеканол (д.т.н. **Е.В. Зелинская**, к.т.н. **А.Е. Бурдонов**).

12. Имеются некоторые неточности и опечатки (д.т.н. **Е.В. Зелинская**, к.т.н. **А.Е. Бурдонов**).

13. На стр 16 автореферата автор приводит утверждение «Разработанная технология позволяет повысить коэффициент комплексности с 72,23 % до 91,85 %...» не очень понятном, каким образом были получены указанные значения и что они отражают (к.т.н. **М.В. Рязанцева**).

14. Заключение автореферата представляется очень подробным на взгляд рецензента (к.т.н. **М.В. Рязанцева**).

15. По результатам исследования кинетики измельчения получено уравнение (1,с10), описывающее зависимость прироста требуемого класса крупности -160 мкм от времени измельчения, которое определяется в степени 0,6545 мин. Может быть следовало округлить временные рамки до сотых долей (д.т.н. **А.Н. Хатькова**, д.т.н. **Л.В. Шумилова**).

16. В автореферате не приведена информация, но на рисунке 13 показан способ извлечения РЗМ экстракцией. Какое химическое вещество применяется в качестве экстрагента и была ли необходимость в определении коэффициента распределения экстракции элемента (д.т.н. **А.Н. Хатькова**, д.т.н. **Л.В. Шумилова**).

17. В тексте реферата приведены показатели флотации апатита по разработанной схеме концентрат с содержание P_2O_5 39,2 % при извлечении 94,25 %. Из текста непонятно с какой собирательной смесью и при каких расходах собирателя и депрессора получен этот результат. Соответствуют ли условия опыта, в котором получен концентрат оптимальным, определенным по математическим моделям (к.т.н. **Г.В. Митрофанова**).

18. В таблице 5 представлены сравнительные показатели основанной флотации апатита при использовании в составе собирательной смеси реагентов Фосфолан и ОКИД. Сохраняется ли указанной повышение селективности в случае применения ОКИД и в перечистных операциях? Для полноты представления следовало бы привести окончательные результаты получения апатитового концентрата (к.т.н. **Г.В. Митрофанова**).

19. В тексте сказано, что лучшие показатели прямой флотации нефелина – концентрат с содержанием 28,94 % Al_2O_3 при извлечении 86,65 %

от операции флотации (следуя данным таблицы 6). Поэтому непонятно, при каких условиях получен результат, приведенный в таблице 7 – нефелиновый концентрат с содержанием Al_2O_3 29,5 % при извлечении 91,68 % от исходной руды. Следовало бы указать условия получения таких показателей (к.т.н. Г.В. Митрофанова).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый реагентный режим прямой флотации апатит-нефелиновой руды на основе оксиэтилированного изотридеканола (ОКИД), отличающийся тем, что при замене фосфолана оксиэтилированным изотридеканолом повышается селективность флотации апатита;

разработан способ извлечения фосфорсодержащих руд и сопутствующих редкоземельных металлов;

предложены прогностические математические модели, адекватно описывающие зависимость содержания и извлечения P_2O_5 в концентрат от расхода собирателя, расхода депрессора, pH;

доказано, что сочетание апатитовой флотации с использованием установленного сочетания собирательной смеси на основе оксигидрильных собирателей с добавлением оксиэтилированного изотридеканола и нефелиновой флотации с использованием катионного собирателя, при обоснованных режимных параметрах (pH, тонина помола, тип реагентов и их расходы) позволяет повысить качество концентрата и комплексность переработки с учетом минералогического состава сырья;

установлено, что применение обратной флотации с использованием катионного собирателя на основе амина и триполифосфата натрия (НТПФ) в качестве депрессора с обоснованными расходами с предварительной

оттиркой и обесшламливанием пульпы позволяет повысить эффективность обогащения фосфатных руд месторождения Абу-Тартур.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов, включающий теоретические и лабораторные исследования, с применением отраслевых методик и современных методов анализа и обработки результатов;

изложены положения, предназначенные для развития теоретических исследований в направлении более глубокого изучения влияния минералогических особенностей исследуемого сырья на повышение комплексности их переработки;

раскрыты минералогические особенности исследуемого сырья, оказывающие влияние на повышение комплексности их переработки;

изучены факторы (рН, тонина помола, тип реагентов и их расходы), оказывающие влияние на процесс флотационного обогащения фосфорсодержащего сырья в зависимости от генезиса.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны технологические схемы переработки фосфатных руд осадочного и магматического происхождения с обоснованными режимными параметрами на основе углубленного изучения минералогических особенностей фосфатных руд;

определены перспективы практического использования предложенных технических решений по комплексной переработке фосфатных руд;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию технологии переработки фосфатных руд для повышения комплексности за счет получения дополнительной товарной продукции;

представлены рекомендации к внедрению результатов исследования в учебный процесс.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты исследований, полученные и обработанные с применением методов математического моделирования (Design expert), подтверждены в ходе лабораторных и полупромышленных испытаний;

теория построена на известных закономерностях и проверяемых данных и фактах, а также согласуется с опубликованными ранее экспериментальными данными других исследователей по теме диссертации;

идея базируется на результатах анализа и обобщения опыта в области обогащения фосфатных руд различного генезиса;

использованы результаты отечественного и зарубежного опыта в области обогащения фосфатных руд, в том числе и методами флотации;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в трудах отечественных и зарубежных ученых по тематике диссертационного исследования;

использованы современные методики сбора, проведения и обработки экспериментальных данных, полученные в реальных лабораторных и промышленных условиях.

Личный вклад соискателя состоит в изучении и анализе опубликованного материала по флотации фосфорсодержащих руд; формулировании и реализации научно-исследовательских задач; обосновании научных положений; непосредственном выполнении лабораторных исследований по флотации, определении минерального и химического состава проб, с последующей обработкой и статистической интерпретацией полученных результатов; разработке и обосновании эффективных технологических решений переработки фосфорсодержащих руд с использованием новых реагентов для повышения извлечения пятиоксида фосфора.

На заседании 23.06.2021 года диссертационный совет принял решение присудить **Хассан Абдалла Мохамед Элбэндари** ученую степень кандидата технических наук за решение важной научной задачи повышения

комплексности и качества концентратов при переработке фосфатных руд различного генезиса путем совершенствования технологий обогащения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 4 доктора наук (отдельно по каждой научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – нет, проголосовали: за - 16 против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

23.06.2021 г.



Сизяков Виктор Михайлович

Бодуэн Анна Ярославовна