

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.307.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19 июня 2025 г. № 286

О присуждении **Сенченко Аркадию Евгеньевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности сепарации золотосодержащего сырья в центробежных безнапорных концентраторах» по специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых принята к защите 15 апреля 2025 г. (протокол заседания № 104) диссертационным советом 24.2.307.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83 (Приказ от 02.11.2012 № 714/нк о создании совета, приказ от 24.03.2021 № 256/нк о возобновлении работы совета).

Соискатель **Сенченко Аркадий Евгеньевич**, 11 сентября 1973 года рождения.

В 1995 году соискатель окончил Иркутский государственной технический университет по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»; в 2008 году окончил Иркутский государственный технический университет по программе профессиональной

подготовки «Обогащение полезных ископаемых» с правом ведения профессиональной деятельности в сфере обогащения полезных ископаемых, работает Генеральным директором общества с ограниченной ответственностью научно-исследовательский и проектный институт «Технологии обогащения минерального сырья».

Диссертация выполнена на кафедре «Обогащение полезных ископаемых и охрана окружающей среды им. С. Б. Леонова» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, **Федотов Константин Вадимович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», кафедра «Обогащение полезных ископаемых и охрана окружающей среды им. С. Б. Леонова», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Морозов Юрий Петрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет», кафедра обогащения полезных ископаемых, профессор.

Алгебраистова Наталья Константиновна, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра обогащения полезных ископаемых, доцент.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФГБУН ФИАН ЯНЦ СО РАН), г. Якутск, в своем положительном заключении, подписанном **Матвеевым Андреем Иннокентьевичем**, доктором технических наук, профессором,

заведующим лабораторией обогащения полезных ископаемых Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного учреждения науки (ЯНЦ СО РАН), и утвержденном **Шиц Еленой Юрьевной**, доктором технических наук, заместителем генерального директора ЯНЦ СО РАН, указала, что диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые научно обоснованные технические и технологические решения актуальной научно-практической задачи повышения эффективности работы центробежных концентраторов, заключающиеся в теоретическом обосновании и разработке нового флюидизационного способа разрыхления минеральной постели в рабочем конусе центробежного концентратора, и соответствует требованиям пункта 9 постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых.

Соискатель имеет 87 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, опубликовано 7 статей; в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных реферативных базах Scopus, GeoRef, – 4 статьи, имеется 2 патента РФ.

В опубликованных работах представлены результаты исследований по установлению закономерностей разделения частиц в минеральной постели рабочего конуса центробежного концентратора, позволяющие повысить эффективность работы центробежных концентраторов, использующих флюидизационный способ разрыхления минеральной постели. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в диссертации отсутствуют.

Авторский вклад соискателя в научные публикации заключается в проработке известных теоретических и практических опубликованных данных по тематике диссертации, обработке результатов эксперимента, оформлении и

подготовке материалов к публикации; вклад составляет 75 %. Объем научных статей – 8,19 печатных листов.

Наиболее значительные работы:

1. Федотов, К. В. Отдельные закономерности динамики твердых частиц в центробежных сепараторах / К. В. Федотов, В. Д. Казаков, **А. Е. Сенченко** // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. Специальный выпуск. – 2003. – С. 86-88.

2. Федотов, П. К. Гравитационно-флотационное обогащение золотосодержащей руды / П. К. Федотов, **А. Е. Сенченко**, К. В. Федотов, А. Е. Бурдонов // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2021. – Т. 27. – № 1. – С. 4-15.

3. Федотов, К. В. Моделирование движения двухфазного потока пульпы в центробежном сепараторе / К. В. Федотов, **А. Е. Сенченко** // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21. – № 11. – С. 30-35.

4. Федотов, П. К. Технологические исследования золотосодержащей руды с использованием методов центробежной концентрации / П. К. Федотов, **А. Е. Сенченко**, К. В. Федотов, А. Е. Бурдонов // Известия УГГУ. – 2023. – Вып. 3 (71). – С. 77-86.

5. **Сенченко, А. Е.** Обоснование комбинированного способа подачи воды в центробежный концентратор / А. Е. Сенченко // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2024. – Т. 30. – № 4. – С. 80-88.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Ведущая организация ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Якутск.** *Замечания:* 1) Приведенные и выведенные формулы расчетов траектории движения частиц не учитывают сегрегационный механизм взаимодействия (глава 2, стр. 58) частиц друг с другом, и возможности переориентации частиц неправильной формы на потоках при разных фазах разрыхления, что является очень сложным процессом. Сложность процесса существенно выше для разделения частиц чешуйчатой (пластинчатой) формы, на

примере золота. Скорость витания (W вит) на стр. 94, скорей всего верна только для частиц с условной средней крупностью. 2) Отсутствие повторяемости лабораторных исследований. Во всех лабораторных исследованиях (глава 4, стр. 128-141) при варьировании режимов подачи флюидизационной воды (частота пульсаций, мгновенный и средний расход) приводится только один результат на каждую точку. Например, в таблицах 4.5 и 4.6 для каждой частоты (20, 60, 100, 140 пулс/мин) или расхода (1-5 л/мин) приведены значения содержания и извлечения золота, полученные, по всей видимости, из одного опыта. Какова статистика экспериментальных исследований и уровень воспроизводимости полученных результатов, что связано с их надежностью. 3) Оценка эффективности полупромышленных испытаний производится не на конкретных результатах испытания аппарата (вход и выход), а по общим фабричным данным. На страницах 153-154 автор прямо указывает, что отбор проб концентратора не проводился непосредственно на выходе экспериментального концентратора, работавшего в режиме комбинированной подачи флюидизационной воды, из-за технических ограничений. Вместо этого эффективность оценивалась по данным ОТК всей золотоизвлекательной фабрики, при этом второй концентратор работал в обычном режиме. Это значит, что оценка результатов происходила по объединенному продукту обеих вариантов гравитационного обогащения, без уточнения эффекта реализованного режима пульсации. Это напрямую связано надежностью экспериментального подтверждения повышения извлечения золота в полупромышленных условиях, поскольку изменение в результатах может быть связано какими-то другими факторами. 4) Не исследовано влияние крупности руды на эффективность процесса. Несмотря на то, что в таблицах 2.1-2.4 (стр. 91-93) приводятся данные о гранулометрическом составе различных проб руды (с разной крупностью – до 2 мм, 0,5 мм, 0,071 мм и др.), в основной экспериментальной части (глава 4) не рассматривается как именно влияет изменение крупности питания на эффективность сепарации. Все ключевые эксперименты выполнены при одной и той же степени измельчения ($R_{80} = 320$ мкм), и не проводится сравнение результатов при других классах крупности. Это

снижает доказательную часть работы по эффективности действия пульсационной подачи воды, поскольку это может сильно зависеть от размера частиц, где поведение мелких и крупных фракций в потоке существенно различаются.

2. Официальный оппонент Морозов Юрий Петрович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», профессор кафедры обогащения полезных ископаемых, г. Екатеринбург. *Замечания:* 1) Требуется пояснения предложенный механизм формирования гравитационного концентрата в центробежном концентраторе. 2) Для экспериментальных зависимостей на рисунках 4.2-4.11 следовало бы привести данные по оценке достоверности полученных результатов. 3) Следует пояснить, почему теоретические зависимости критической скорости взвешивания на рисунках 2.11 – 2.13 диссертации имеют различный характер (слабовогнутые и выпуклые). 4) Имеются замечания общего характера: один и тот же аппарат часто называется центробежным концентратором и центробежным сепаратором; показатели давления в тексте следовало бы приводить в мегапаскалях в соответствии с международной системой измерения СИ; на рисунке 2.2. показана «схема сил, действующих на частицу», а в названии – «схема движения зерна по стенке»; в названии рисунка 2.10 диссертации указано влияние на критическую скорость взвешивания, а на оси ординат указано отношение критических скоростей; в названии рисунка 2.11 диссертации указана зависимость критической скорости взвешивания, а на оси ординат – скорость сжижения.

3. Алгебраистова Наталья Константиновна, кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», доцент кафедры обогащения полезных ископаемых», г. Красноярск. *Замечания:* 1) Мало информации о предлагаемой новой форме кольцевой ячейки, которая должна быть разделена на сектора путем выполнения перегородок трапециевидальной формы, расположенных между отверстиями для ввода флюидизационной воды. При проведении исследований, изменяли этот параметр? 2) Как влияют на предлагаемый процесс флюидизации форма и размер

отверстия, через которые подается вода? В концентраторах Knelson, у которого отверстия относительно большого диаметра и просверлены радиально. 3) Мало данных об эксплуатационной надёжности устройства, которое управляет подачей пульсирующего потока воды аппарата. Какие части наиболее быстро изнашиваются, срок службы пневматического клапана? 4) Будет ли наблюдаться синергетический эффект от изменения способа подачи воды для разрыхления постели сепараторов, установленных одновременно не только на первой стадии, но и на второй стадии гравитационного цикла. 5) Новый способ подачи флюидизационной воды в центробежный сепаратор на лабораторной стадии исследований позволил увеличить извлечение в гравитационный концентрат золота на 11 %, при проведении испытаний на ЗИФ «Бадран» на 2.1 %. Не достаточно данных по вещественному составу и гранулометрии извлекаемых тяжелых зерен при различных масштабах исследований.

Отзывы на автореферат:

1. Миненко Владимир Геннадьевич, доктор технических наук, и.о. зам. директора ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), г.Москва и Самусев Андрей Леонидович, кандидат технических наук, и.о. заведующего лабораторией ФГБУН Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), г. Москва. **Замечания:** 1) В автореферате на странице 7 указано, что вязкая сила Стокса = $6\pi\rho_{ж}v dU$, что не совсем корректно, так как сила Стокса равна $3\pi\mu v dU$ или $3\pi\rho_{ж}v dU$. 2) Из текста автореферата не ясно, использовались ли конусы с оптимизированной геометрией (с перегородками трапецеидальной формы) при испытании центробежных концентраторов на пробах лежалых хвостов месторождения Бадран, и если да, то такой вклад они вносят в повышение качества концентрата и извлечения золота в сравнении с использованием комбинированного способа подачи флюидизационной воды.

2. Гришин Игорь Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных

ископаемых ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (ФГБОУ ВО «МГТУ имени Г.И. Носова»), г. Магнитогорск и Горлова Ольга Евгеньевна, доктор технических наук, профессор кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (ФГБОУ ВО «МГТУ имени Н.И. Носова»), г. Магнитогорск. **Замечания:** 1) Как правило, на гравитационное разделение подается узко классифицированный материал. Чем обусловлено использование при практическом изучении распределения частиц минералов в постели исходного питания с широким диапазоном крупности: магнетита крупностью - 0,2+0 мм и кварцевого песка крупностью -1+0 мм?. 2) Насколько корректно использование понятий удельный вес частиц? Под этим понимается плотность частиц или действительно удельный вес? 3) Не приведены расшифровки величин, входящих в формулы, за исключением формулы 2, и сил на рисунке 1. 4) Насколько предлагаемый автором способ отличается или, напротив, близок к способу воздушной турбулизации пристеночного слоя в конусе центробежного сепаратора, предложенному в диссертационной работе П.М. Пенькова «Повышение эффективности процесса центробежной сепарации на основе воздушной турбулизации пристеночного слоя и циркулярно-накопительной технологии», защищенной в диссертационном совете ФГБОУ ВО «УГГУ» в 2024 году? 5) На рисунках 7 и 8 автореферата приведены зависимости извлечения золота от частоты пульсаций расхода пульсирующей воды, но не объяснен экстремум этих зависимостей.

3. Размахнин Константин Константинович, доктор технических наук, доцент, заведующий Читинским филиалом ФГБУН «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала» Сибирского отделения Российской академии наук, г.Чита. **Замечания:** 1) Для обеспечения информативности о разработанных технических решениях, определяющих практическую значимость диссертационной работы, рационально было бы привести в автореферате рисунок конуса центробежного сепаратора с оптимизированной формой

кольцевых ячеек. 2) К сожалению, в тексте автореферата отсутствуют сведения о минеральном и химическом составах объектов исследования: золотосодержащей руды месторождения Бедрян и лежалых хвостов её переработки. 3) На графиках зависимости извлечения золота в концентрат от частоты пульсаций флюидизационной воды (рис.7) и зависимости извлечения золота в концентрат от мгновенного расхода флюидизационной воды при частоте 60 пульс/мин (рис. 8) не указан коэффициент корреляции.

4. Макаров Дмитрий Викторович, доктор технических наук, директор Института проблем промышленной экологии Севера – обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН», г. Апатиты. *Без замечаний.*

5. Андреев Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, департамента мониторинга и освоения георесурсов Политехнического института (Школы) ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» (ФГБАО ВО «ДВФУ»), г. Владивосток. *Замечания:* 1) Некоторая небрежность автора к применяемой терминологии: например, в тексте автореферата применяется термин и «концентратор» и «сепаратор». Эти понятия, несомненно, связаны, но не являются одним и тем же. 2) При оценке качества концентрата при полупромышленных испытаниях хотелось бы увидеть относительное повышение содержания золота в концентрате (%).

6. Булатов Константин Валерьевич, кандидат технических наук, генеральный директор акционерного общества «Уралмеханобр», г. Екатеринбург. *Замечания:* 1) В уравнения 1-5 автореферата целесообразно привести пояснения значений символов и числовых коэффициентов. 2) Во втором научном положении отмечено, что «Добавление пульсирующего потока флюидизационной воды активизирует сегрегационный и классифицирующий механизмы разделения частиц в минеральной постели в зависимости от их ... формы ...». Необходимо пояснить, как учитывается форма минеральной частицы в уравнениях 1-5 автореферата. 3) В работе целесообразно привести фотографии минеральной постели из «секторной» кольцевой ячейки конуса с

оптимизированной геометрией. 4) В работе не приводятся результаты изучения крупности золота в тяжелой фракции, а также результаты изучения распределения классов крупности золота по легкой и тяжелой фракциям при вариации частоты пульсаций и мгновенного расхода флюидизационной воды. 5) По кривым графиков рисунка 7 и рисунка 8 видно, что извлечение золота в концентрат имеет значение менее 37 %. При этом на стр.15 автореферата указано, что новый способ подачи флюидизационной воды позволяет увеличить извлечение золота до 37,04 %. Необходимо пояснить данное несоответствие в значении извлечения золота в концентрат.

7. Киселев Никита Валерьевич, генеральный директор общества с ограниченной ответственностью «СервисТехноПром», г. Иркутск и **Пелих Владислав Вадимович**, директор по стратегическому развитию общества с ограниченной ответственностью «СервисТехноПром», г. Иркутск.

Замечания: 1) В автореферате не указано, как новый способ разрыхления постели влияет на энергопотребление центробежных концентраторов. Так же отсутствуют данные о влиянии данного технологического процесса на долговечность оборудования при пульсирующем режиме работы. 2) В работе представлен прогнозируемый экономический эффект (227 млн.руб./год), однако он приведен без детализации расчетов (цена золота, эксплуатационные затраты и т.д.). 3) В тексте упоминаются рисунки (1-8), схемы и фотографии (например, распределение частиц в ячейках), однако их отсутствие в представленном материале снижает наглядность и затрудняет оценку результатов. Рисунки 7-8 (зависимости извлечения от параметров) не сопровождаются статистической обработкой (погрешности, доверительные интервалы). 4) Результаты испытаний приведены для конкретного месторождения (Бадран). Требуется обсуждение применимости нового метода к другим типам руд и условиям эксплуатации.

8. Шехирев Дмитрий Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых и техногенного сырья ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

(НИТУ МИСИС), г. Москва. **Замечания:** 1) В формулах (1) и (3) имеются обозначения величин, физический смысл которых не раскрыт (например, P , P_0 , ρ_m^0 , ρ_m , ρ^0 , k , k^1) Неясно, с какого момента отсчитывается время t (формулы 3,4 и 5) и с какой начальной координаты в роторе x_0 , ведется отсчет перемещения частицы (формула 5). 2) На рисунке 1 показана схема сил, действующих на частицу в потоке над каверной, но описание этих сил отсутствует. 3) На стр. 15 автореферата имеется ненужный повтор изложения достигнутых при полупромышленных испытаниях показателей по извлечению золота и серебра.

9. Антропова Инна Германовна, кандидат технических наук, заведующая лабораторией химии и технологии природного сырья ФГБУ Байкальского института природопользования СО РАН (БИП СО РАН), г. Улан-Удэ. **Замечания:** 1) Будет ли данный способ способствовать увеличению извлечения ценного компонента в концентрат при изменении вещественного состава обогащаемого материала, в частности, при наличии в нем глинистых минералов, поскольку при моделировании в качестве легкой фракции использовался только кварцевый песок?

10. Николаева Надежда Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», г. Санкт-Петербург. **Замечания:** 1) На рисунках 7 и 8 не приведены регрессионные зависимости, позволяющие более точно определить значения, соответствующие максимуму извлечения. 2) В качестве рекомендации следовало рассмотреть влияние пульсирующих нагрузок на износ конструктивных элементов сепаратора и долговечность оборудования.

11. Курков Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник-советник генерального директора по технологии ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»), г. Москва. **Замечания:** 1) В автореферате в разделе «основное содержание работы», вторая глава, в техническом описании сепарационного процесса рассмотрено поведение частиц

минеральной постели при одном параметре центробежной силы равной 60g. Целесообразно было рассмотреть изменение поведения минералов при различных значениях центробежного ускорения. 2) В автореферате, в разделе «основное содержание работы», третья глава, на рисунке 5, иллюстрирующем базовый вариант для сравнения, представлены фотографии процесса формирования концентрата в рабочем конусе концентратора при постоянном потоке флюидизационной воды, отсутствует разделение минералов: кварца с магнетитом и пиритом. Все тяжелые минералы остались на приповерхностном слое, хотя при указанных параметрах (плотность и крупность) такое разделение должно быть. Это вызывает сомнение в корректности проведения опыта.

12. Кондратьев Сергей Александрович, доктор технических наук, заведующий лабораторией обогащения полезных ископаемых и технологической экологии ФГБУН Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД ИСО РАН), г. Новосибирск и **Ростовцев Виктор Иванович**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории обогащения полезных ископаемых и технологической экологии ФГБУН Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД ИСО РАН), г. Новосибирск.

Замечания: 1) Из автореферата не ясно, учитывалась ли порозность минеральной постели в значении эффективной вязкости в уравнениях 1-5. Автору рекомендуется уточнить написание формулы вязкой силы Стокса на стр.7. 2) На стр.8 автореферата приведен Рисунок 1 - Силы, действующие на частицу при движении по стенке рабочего конуса сепаратора. В подрисуночной надписи не расшифрованы действующие на частицу силы. Из текста на странице 7 автореферата можно понять, что сила F_g действует на твёрдую частицу, движущуюся по восходящей спирали вдоль стенки центробежного сепаратора. Следовало бы указать название сил, действующих на минеральную частицу.

13. Шумилова Лидия Владимировна, доктор технических наук, и.о. заведующего кафедрой химии ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЗабГУ»), г.Чита. **Замечания:** 1) Отсутствует

экспликация (пояснения терминов) в ряду формул. 2) Из автореферата не понятно, каким образом для исследований влияния пульсационной воды в лабораторных условиях подбирались параметры пульсации (стр. 11): опытным путём или на основании результатов моделирования?

14. Шелкунов Юрий Анатольевич, директор по инжинирингу общества с ограниченной ответственностью «Гравитек», г. Челябинск. **Замечания:** 1) Отсутствует информация о скорости замещения постели и график зависимости извлечения от заполнения всего объема более тяжелыми минералами. Возможно ли предположить, что после замещения легкой фракции, эффективность гравитации снижается? 2) Приведены зависимости извлечения от расхода. При этом не отмечены значения давления (изменение давления, относительно рабочего значения основного потока). Данные по давлению позволят применять параметры на промышленном оборудовании.

Все отзывы положительные.

В отзывах отмечены актуальность выбранной темы исследования, научная новизна работы, а также практическая значимость разработанной технологии.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области обогащения полезных ископаемых, наличием научных разработок, публикаций в рецензируемых изданиях по выполненным исследованиям, близким к проблеме работы соискателя, вкладом в развитие данного направления исследований и, таким образом, способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также отсутствием совместных проектов, печатных работ.

Наиболее значимые публикации сотрудников ведущей организации и официальных оппонентов:

1. Лебедев, И. Ф. Исследование процессов классификации сыпучих материалов в лабораторной модели конусного центробежного пневмосепаратора / И. Ф. Лебедев, А. И. Матвеев / Обогащение руд. – 2025. – № 2. – С. 16-20.

2. Осипов, Д. А. Разработка перспективных схем центробежных пневмосепараторов за счет интенсификации центробежных сил при разделении

минералов различной плотности и крупности / Д. А. Осипов, И. Ф. Лебедев, А. Ю. Павлов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 1 (139).

3. Очосов, О. Ю. Механизм дополнительной сегрегации минералов по плотности в постели центробежно-вибрационного концентратора / О. Ю. Очосов, А. И. Матвеев // Природные ресурсы Арктики и Субарктики (научно-технический журнал). – 2022. – Т.27 – № 4. – С. 527-538.

4. Матвеев, И. А. Моделирование движения частиц в рабочей зоне крутонаклонного концентратора / И. А. Матвеев, Б. В. Яковлев, Н. Г. Еремеева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 7. – С. 146-153.

5. Морозов, Ю. П. Применение технологии гравитационного извлечения редкоземельных элементов из руды месторождения Кундыбай / Ю. П. Морозов, В. В. Морозов, А. Т. Вальцева, Н. Т. Акказина // Цветные металлы. – 2025. – № 1. – С. 7-13.

6. Морозов, Ю. П. Совершенствование центробежной сепарации на основе пневматической турбулизации пристеночного слоя конуса сепаратора / П. М. Пеньков, Ю. П. Морозов, И. Х. Хамидулин // Горный информационно-аналитический бюллетень (Научно-технический журнал). – 2023. – № 12–1. – С. 120-133.

7. Пеньков, П. М. Влияние вязкостного сопротивления на конечные скорости стесненного движения частиц / П. М. Пеньков, Ю. П. Морозов, С. А. Прокопьев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – №. 11-1. – С. 119-126.

8. Algebraistova, N. K. Technological evaluation of reagent regimes for flotation of gold-bearing / N. K. Algebraistova, I. V. Prokopen, E. S. Ananenko, A. I. Kinyakin, A.I. // Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2024. – № 4. – P.145-154.

9. Algebraistova, N. K. Preparation of collective lead-zinc concentrates for the selection cycle / N. K. Algebraistova, I. V. Prokopiev, E. S. Komarova // Tsvetnye Metally. – 2021. – № 4. – P.12-17.

10. Algebraistova, N.K. Antimony circuit optimization in flotation of gold-bearing antimony ore / N. K. Algebraistova, E. S. Ananenko, I. V. Prokopenko, D. A. Golsman // Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2023. – № 8.– P.123-137.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея, что применение комбинированного способа подачи флюидизационной воды в центробежный сепаратор интенсифицирует перераспределение минеральных частиц в кольцевых ячейках рабочего конуса сепаратора и оптимизирует механизм их разделения, что приводит к увеличению содержания частиц ценного компонента в рабочем конусе сепаратора и повышается их извлечение в концентрат,

предложена новая гипотеза об активизации классифицирующих и сегрегационных процессов центробежной сепарации пульсирующим потоком флюидизационной воды,

доказана перспективность научной идеи по применению нового способа разрыхления минеральной постели, заключающегося в комбинации пульсирующего и постоянного потоков флюидизационной воды, что повышает эффективность разделения минеральных частиц и позволяет улучшить показатели обогащения руд,

введено новое понятие «порозность минеральной постели».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано научное положение о влиянии комбинирования пульсирующего и постоянного потоков флюидизационной воды на порозность минерального слоя, ее граничные значения, что позволяет сделать расчет оптимальных параметров потока пульсирующей воды для центробежного сепаратора любого размера,

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов исследования, в том числе методов математического моделирования, что позволило описать движение минеральных частиц разной крупности, формы и удельного веса в рабочем конусе

центробежного сепаратора при флюидизационном способе разрыхления минеральной постели и обосновать оптимальные значения параметров работы сепаратора для увеличения извлечения ценного компонента в концентрат, **изложены** доказательства повышения эффективности сепарационных процессов в минеральной постели рабочего конуса центробежного сепаратора за счет нового способа подачи флюидизационной воды, **раскрыты** проблемы, препятствующие эффективному распределению твердой фазы в сепараторе, для решения которых теоретически обоснован подход и выведено уравнение, позволяющее рассчитать траекторию движения твердого зерна, что дало возможность описать структуру распределения твердой фазы по размерам и удельному весу в восходящем по стенке рабочего конуса сепаратора потоке пульпы, **изучен** генезис процесса движения минеральных частиц из потока пульпы в ячейки (рифли) рабочего конуса центробежного сепаратора, **проведена модернизация** решения уравнения Чена с учетом разнонаправленности действия сил, действующих на движущиеся частицы в разных частях центробежного концентратора, на основе рассмотрения движения частиц путем решения ряда модельных задач, что позволило описать траекторию твердой фазы в сепараторе на отдельных стадиях движения и структуру распределения твердой фазы по размерам и удельному весу в восходящем по стенке рабочего конуса сепаратора потоке пульпы.

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

разработаны и внедрены (указать степень внедрения) конструкция блока управления для реализации нового способа подачи флюидизационной воды, разработанное для проведения лабораторных и полупромышленных исследований на месторождении Бадран; на конструкцию центробежного сепаратора, реализующего новый способ подачи флюидизационной воды для разрыхления постели в рабочем конусе, а также конфигурацию внутренней поверхности рабочего конуса, на основании чего получены патенты на изобретение РФ № 2278735, № 2321461,

определены перспективы применения нового комбинированного способа регулирования режима работы центробежных сепараторов, заключающегося в совместной подаче постоянного и пульсирующего потоков флюидизационной воды через отверстия в наружной стенке рабочего конуса,
созданы способ управления режимом работы центробежных сепараторов и устройство для его реализации,
представлены рекомендации по применению нового способа подачи флюидизационной воды в центробежный сепаратор.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты исследования подтверждаются использованием современного, апробированного оборудования, аттестованных методик анализа и метрологических средств измерений, обработкой экспериментальных данных с привлечением современных методов статистического и математического анализа, что позволяет сделать заключение о достоверности полученных результатов,

теория построена на известных и проверенных данных о закономерности разделения частиц обогащаемой руды по размеру, форме и удельному весу обогащаемых материалов и согласуется с полученными в ходе исследований экспериментальными результатами,

идея базируется на научном обобщении и анализе теории гидродинамических процессов и теории разделения частиц в центробежном поле, передового опыта и практики российских и иностранных исследователей в области центробежного обогащения полезных ископаемых,

использованы современные литературные данные по теории и технологии разделительных процессов в центробежном поле, полученные ранее другими исследователями,

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов исследования центробежной сепарации с результатами, представленными в научной литературе по данной тематике,

использованы современные методики статистической обработки

экспериментальных данных, а также математическое моделирование исследуемого процесса движения минеральных частиц.

Личный вклад соискателя состоит в: формулировании целей и задач диссертационной работы, создании математической модели, описывающей движение минеральных частиц в рабочем конусе сепаратора, разработке методик изучения минеральной постели с использованием скоростной киносъемки и криогенной заморозки, планировании и проведении лабораторных и полупромышленных испытаний, анализе и обработке полученных результатов, в формулировании выводов и рекомендаций, подготовке публикаций и патентов на изобретение (в соавторстве), в апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания, касающиеся: отсутствия данных о влиянии ряда факторов на процесс центробежного обогащения с применяемым новым способом подачи воды, в частности, крупности частиц, конфигурации ячеек и т.д.; о необходимости объяснения механизма формирования гравитационного концентрата в центробежном концентраторе.

Соискатель Сенченко Аркадий Евгеньевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию на выказанные замечания о влиянии ряда ключевых факторов на процесс центробежного обогащения, в том числе частоты пульсаций расхода пульсирующей воды, имеющий экстремальную зависимость. Также соискатель дал аргументированный ответ по изучению механизма формирования гравитационного концентрата, в результате которого установлено, что импульсная подача флюидизационной воды активизирует (облегчает) накопление частиц тяжелых минералов во всем объеме кольцевой ячейки центробежного концентратора и способствует удалению из него пустой породы.

На заседании 19 июня 2025 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на повышение эффективности работы центробежных концентраторов, и заключающиеся в теоретическом обосновании и разработке

имеющий экстремальную зависимость. Также соискатель дал аргументированный ответ по изучению механизма формирования гравитационного концентрата, в результате которого установлено, что импульсная подача флюидизационной воды активизирует (облегчает) накопление частиц тяжелых минералов во всем объеме кольцевой ячейки центробежного концентратора и способствует удалению из него пустой породы.

На заседании 19 июня 2025 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на повышение эффективности работы центробежных концентраторов, и заключающиеся в теоретическом обосновании и разработке нового флюидизационного способа разрыхления минеральной постели в рабочем конусе центробежного концентратора, что имеет существенное значение для развития отрасли обогащения полезных ископаемых страны, присудить Сенченко Аркадию Евгеньевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **21** человек, из них **6** докторов по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **25** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **21**, против **0**, недействительных бюллетеней **0**.

Председательствующий на заседании диссертационного совета, заместитель председателя диссертационного совета, д.т.н., профессор

Ученый секретарь диссертационного совета, к.т.н., доцент



Пономарев Борис
Борисович

Вулых Николай
Валерьевич

Дата оформления заключения 20 июня 2025 г.