

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.5
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 15.07.2026 № 5

О присуждении Абуровой Валерии Александровне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии переработки углеродистых благороднометаллических руд с использованием энергетического воздействия» по специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых принята к защите 13.05.2026, протокол заседания № 2, диссертационным советом ГУ.5 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 06.02.2023 № 153 адм, с изменениями от 30.03.2023 № 467 адм, от 27.04.2023 № 653 адм, от 13.07.2023 № 1090 адм, от 03.11.2023 № 1638 адм, от 02.09.2024 № 1281 адм, от 14.10.2024 № 1537 адм, от 03.07.2025 № 859 адм, от 21.11.2025 № 1527 адм.

Соискатель, Абурова Валерия Александровна, 30 января 1998 года рождения, в 2022 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 21.05.04 Горное дело.

С 01.10.2022 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры обогащения полезных ископаемых федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Работает ассистентом II категории кафедры обогащения полезных ископаемых в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре обогащения полезных ископаемых федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

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

Официальные оппоненты:

Шумилова Лидия Владимировна – доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет», кафедра обогащения полезных ископаемых и химических технологий в горном деле, профессор;

Гришин Игорь Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых, заведующий кафедрой; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук**, г. Хабаровск, в своем положительном отзыве, подписанном Литвиновой Натальей Михайловной, кандидатом технических наук, заведующим Лабораторией обогащения полезных ископаемых Института горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, Рассказовой Анной Вадимовной, кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником той же Лаборатории, секретарем заседания и утвержденном Рассказовым И.Ю., доктором технических наук, академиком РАН, директором, указала, что теоретическая значимость состоит в раскрытии физических механизмов разупрочнения углеродисто-сульфидных руд под действием СВЧ-поля, установлении закономерностей формирования дефектов Френкеля и термической агрегации благородных металлов, а также в разработке адекватных математических моделей флотационного процесса и интегрального критерия К. Практическая значимость заключается в разработке и технико-экономическом обосновании двух принципиальных технологических схем переработки руд с содержанием $C_{орг} > 1\%$ и $C_{орг} < 1\%$.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, 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), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент.

Общий объем – 3,75 печатных листов, в том числе 2,31 печатных листов - соискателя.

Публикации 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:

1. Александрова, Т.Н. Выбор параметров флотации сульфидных медно-никелевых руд на основе анализа распределения компонентов по флотуемости / Т.Н. Александрова, А.В. Афанасова, В.В. Кузнецов, **В.А. Абурова** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 1. – С. 131–147. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_1_0_131. (№876 Перечня ВАК ред. 21.12.2021).

Соискателем проведены экспериментальные исследования процессов флотационного обогащения сульфидной руды. Установлены кинетические особенности перераспределения компонентов рудного сырья по фракциям флотуемости (быстро-, средне-, медленнофлотуемой и нефлотуемой). Показано, что при использовании обоснованного расхода собирательной смеси обеспечивается более полное извлечение сульфидных минералов при контролируемом механическом выносе минералов породы. Полученные результаты использованы для сравнительного анализа результативности флотационного обогащения золотоносных сульфидных руд.

2. Афанасова, А.В. Укрупнение низкоразмерных благородных металлов из углеродистых материалов с применением энергетических методов воздействия / А.В. Афанасова, **В.А. Абурова** // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 1. – С. 20–35. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_1_0_20. (№1010 Перечня ВАК ред. 19.12.2023).

Соискателем проведены экспериментальные исследования по установлению влияния энергетического воздействия на углеродистые флотационные концентраты и компоненты, входящие в их состав, на примере кварца, кальцита и пирита. Обоснована возможность укрупнения низкоразмерных частиц золота за счет СВЧ обработки при добавлении магнетита для создания активных центров локального нагрева. Установлено, что при СВЧ обработке происходит переход пирита в оксиды железа за счет десульфидизации и частицы сульфидных минералов железа в процессе воздействия также могут стать активными центрами локального нагрева.

3. Александрова, Т.Н. Влияние энергетического воздействия на прочностные характеристики золотосодержащей руды / Т.Н. Александрова, **В.А. Абурова**, Н.В. Николаева, Г.В. Струк // Обогащение руд. – 2025. – № 3. – С. 3-8. DOI: 10.17580/or.2025.03.01. (№2036 Перечня ВАК ред. 01.07.2025).

Проведенный соискателем в статье анализ научной литературы позволил подтвердить возможность применения СВЧ обработки для снижения прочностных параметров руд. Соискателем проведены экспериментальные исследования по установлению влияния энергетического воздействия на прочностные параметры золотосодержащей руды осадочного происхождения. Обоснованы режимные параметры СВЧ обработки, при которых достигается снижение крепости руды с умеренно твердой до средней и изменение значения прочностного критерия k , определяемого в ходе проведения теста падающего груза, на 5,7 ед. Получены зависимости параметров t_{10} от E_{cs} для материала до и после обработки с коэффициентом детерминации $R^2 > 0,91$. Выявлено, что за счет изменения прочностного критерия k после СВЧ обработки достигается снижение энергии, затрачиваемой мельницей полусамомельчения.

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

4. Aleksandrova, T. Extraction of Low-Dimensional Structures of Noble and Rare Metals from Carbonaceous Ores Using Low-Temperature and Energy Impacts at Succeeding Stages of Raw Material Transformation / T. Aleksandrova, N. Nikolaeva, A. Afanasova, A. Romashev, **V. Aburova**, E. Prokhorova // Minerals. – 2023. – Vol. 13, Issue 1. – p. 84. DOI: 10.3390/min13010084.

Александрова, Т. Извлечение низкоразмерных структур благородных и редких металлов из углеродистых руд с использованием низкотемпературного и энергетического воздействия на последующих стадиях переработки сырья / Т. Александрова, Н. Николаева, А. Афанасова,

А. Ромашев, **В. Абурова**, Е. Прохорова // Минералы. – 2023. – Т. 13. – № 1. – С. 84. DOI: 10.3390/min13010084.

Соискателем проведены экспериментальные исследования по установлению влияния СВЧ обработки углеродистых флотационных концентратов и углеродсодержащих модельных навесок с добавлением магнетита на укрупнение низкоразмерного золота. Установлено, что в местах добавления магнетита образуются активные центры локального нагрева. Соискателем проведены экспериментальные исследования углеродистых флотационных концентратов и углеродсодержащих модельных навесок после СВЧ обработки с добавлением магнетита с применением сканирующего электронного микроскопа для подтверждения укрупнения низкоразмерного золота. Обосновано необходимое содержание магнетита равное 10 % для укрупнения низкоразмерного золота до сферических частиц размером порядка 20-40 мкм.

5. Александрова, Т.Н. «Невидимые» благородные металлы в углеродистых породах и продуктах обогащения: возможность выявления и укрупнения / Т.Н. Александрова, А.В. Афанасова, **В.А. Абурова** // Горные науки и технологии. – 2024. – Т. 9, № 3. – С. 231-242. DOI: 10.17073/2500-0632-2024-03-229.

Соискателем проведены экспериментальные исследования по СВЧ обработке серебросодержащих модельных навесок и углеродистых продуктов обогащения благороднометалльной руды с обоснованием необходимости добавления магнетита для создания активных центров локального нагрева и укрупнения низкоразмерных частиц благородного металла. Подтверждено образование активных центров локального нагрева при СВЧ обработке серебросодержащих модельных навесок путем установления температуры нагрева по всей площади обрабатываемых проб. Установлено, что на укрупнение низкоразмерных частиц серебра оказывает влияние добавление магнетита. С применением сканирующей электронной микроскопии получены средние и максимальные размеры укрупнения низкоразмерного серебра при варьировании содержания магнетита. Обосновано необходимое содержание магнетита для достижения наибольшего укрупнения низкоразмерного благородного металла.

Публикации в прочих изданиях:

6. Александрова Т.Н. Применение энергетических методов воздействия при переработке руд / Т.Н. Александрова, **В.А. Абурова** // Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья (Плаксинские чтения – 2023) :

Материалы Международной конференции, Москва, 02-05 октября 2023 года. – М.: Издательство «Спутник +», 2023. – С. 129-131.

Соискателем проведены экспериментальные исследования по СВЧ обработке углеродистых продуктов обогащения с добавлением магнетита. Экспериментально подтверждена возможность укрупнения низкоразмерного золота до крупности, обеспечивающей его извлечение с применением традиционных методов и вовлечение в переработку сырья, отправляемого на хвостохранилище.

7. Абурова В.А. Исследование возможности применения СВЧ воздействия при переработке углеродсодержащего сырья / В.А. Абурова, В.А. Любянова // Инновационные процессы обогащения и глубокой переработки редкометаллического и горнохимического сырья и комплексных руд цветных и черных металлов (Плаксинские чтения — 2024) : Материалы международной конференции, Апатиты, 23–27 сентября 2024 года. — Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2024. — С. 181-183.

Соискателем экспериментально обоснована возможность применения СВЧ обработки углеродсодержащей руды, направленной на изменение прочностных параметров для снижения удельных энергозатрат на рудоподготовительный передел. Установлен переход исследуемой руды за счет СВЧ воздействия из категории умеренно твердой до средней по крепости.

8. Александрова Т.Н. Оценка влияния энергетического воздействия на прочностные параметры золотосодержащей руды / Т.Н. Александрова, **В.А. Абурова** // Инновационные процессы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья (Плаксинские чтения – 2025) : Материалы международной конференции, Екатеринбург, 29 сентября – 4 октября 2025 года. – Екатеринбург: Изд-во «Форт-Диалог Исеть», 2025. – С. 115-116.

Соискателем проведены экспериментальные исследования по установлению влияния энергетического воздействия на изменение прочностных параметров золотосодержащей руды. Проведена оценка изменения значений индекса AI и параметра $A \cdot b$ золотосодержащей руды до и после СВЧ обработки при обоснованных режимных параметрах: мощность 600 Вт и время воздействия 2 минуты.

Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:

9. Патент № 2799219 Российская Федерация, МПК В03В 7/00 (2006.01), В03D 1/02 (2006.01). Способ извлечения низкоразмерных структур благородных металлов из углеродистого сырья. Заявка № 2022132285: заявл.

19.12.2022: опубл. 04.07.2023 / Т.Н. Александрова, А.В. Афанасова, **В.А. Абурова**; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет". – 11 с. :ил.

Соискателем проведены экспериментальные исследования по флотационному обогащению углеродистой благороднометалльной руды и СВЧ обработке углеродистых флотационных концентратов с добавлением магнетита, в ходе анализа результатов которых установлено, что при содержании магнетита 10-12 % и воздействии при мощности 0,8-1,0 кВт в течение 3-5 минут формируются активные центры локального нагрева, приводящие к укрупнению низкоразмерных частиц благородных металлов до размеров 20-50 мкм, что обеспечивает возможность их последующего извлечения. Получены количественные зависимости изменения температуры нагрева локальных центров и размеров укрупненных частиц благородных металлов от мощности и времени СВЧ обработки.

Апробация работы проведена на 9 научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе на 7 международных; за последние 3 года принято участие в 8 научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе на 6 международных:

– XIX Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, май 2023 г.) тема доклада «Особенности влияния энергетических методов воздействия на сульфидные минералы и благородные металлы в углеродистых материалах».

– Международная конференция «Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья (Плаксинские чтения - 2023)» (г. Москва, октябрь 2023 г.) тема доклада «Применение энергетических методов воздействия при переработке руд».

– 16-я Международная научная школа молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (г. Москва, октябрь 2023 г.) тема доклада «Применение микроволнового излучения для извлечения благородных металлов из углеродистого сырья».

– Международная конференция «Инновационные процессы обогащения и глубокой переработки редкометаллического и горнохимического сырья и комплексных руд цветных и черных металлов (Плаксинские чтения - 2024)» (г. Апатиты, сентябрь 2024 г.) тема доклада «Исследование возможности применения СВЧ воздействия при переработке углеродсодержащего сырья».

– Международная конференция «Инновационные процессы комплексной переработки природного и нетрадиционного минерального

сырья (Плаксинские чтения – 2025)» (г. Екатеринбург, сентябрь-октябрь 2025 г.) тема доклада «Оценка влияния энергетического воздействия на прочностные параметры золотосодержащей руды».

– 17-я Международная научная школа молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (г. Москва, октябрь 2025 г.) тема доклада «Оценка влияния СВЧ обработки на прочностные параметры углеродистой благороднометаллической руды».

В диссертации Абуровой Валерии Александровны отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего лабораторией «Теории разделения минеральных компонентов» ИПКОН РАН, к.т.н. **А.Л. Самусева**; заведующего лабораторией обогащения полезных ископаемых и технологической экологии ИГД СО РАН, главного научного сотрудника, д.т.н. **С.А. Кондратьева**; заместителя директора Горного института КНЦ РАН по научной работе, к.т.н. **А.С. Опалева**; заведующего кафедрой обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья НИТУ МИСИС, д.т.н., доцента **Ю.В. Конюхова**; заместителя директора ВШТЭ СПбГУПТИД по научной работе, д.т.н. **В.С. Курова**; начальника лаборатории подготовительных и вспомогательных процессов обогащения УПО ДНТИ АО «Полиметалл Инжиниринг», к.т.н. **Д.Н. Семенихина**; заведующего кафедрой обогащения полезных ископаемых ФГАОУ ВО СФУ, к.т.н., доцента **Е.А. Бурдаковой**; директора Института проблем промышленной экологии Севера – обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН», д.т.н. **Д.В. Макарова**; профессора «Иркутского национально исследовательского технического университета», д.т.н. **К.В. Федотова**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, однако отмечены следующие замечания, вопросы и рекомендации:

1. Оценивалась ли возможность применения разработанного подхода с использованием СВЧ воздействия к переработке техногенного углеродистого сырья? (к.т.н. **А.Л. Самусев**);

2. В автореферате показана высокая эффективность добавления магнетита при СВЧ обработке углеродистых продуктов обогащения. Можно ли считать данный подход универсальным для сырья различного минерального состава или его эффективность определяется особенностями конкретного объекта? (к.т.н. **А.Л. Самусев**);

3. Чем обусловлен выбор разделительного критерия содержание $C_{\text{орг}}$ – 1 %, при разработке схем переработки благороднометалльных руд с применением СВЧ воздействия? (к.т.н. **А.Л. Самусев**);

4. Автору желательно было бы указать предпочтительные значения частот электромагнитного излучения для агрегации благородных металлов в золотосодержащих сульфидах, например, пирита и арсенопирита (д.т.н. **С.А. Кондратьев**);

5. Автор указывает на селективный нагрев руды добавлением магнетита, зерна которого создают центры локального нагрева. Магнетит предположительно распределяется равномерно по объему руды в результате рудоподготовки. Носителями золота являются сульфидные минералы пирит и арсенопирит, они хотя и уступают магнетиту в скорости нагрева, но будут более селективными поглотителями СВЧ. (д.т.н. **С.А. Кондратьев**);

6. В работе установлено, что в местах добавления магнетита образуются активные центры локального нагрева. Оценивалась ли автором возможность добавления альтернативных магнетиту материалов для укрупнения низкоразмерных частиц благородных металлов? (к.т.н. **А.С. Опалев**);

7. По данным сканирующей электронной микроскопии наблюдалось ли формирование исключительно укрупненных частиц благородных металлов сферической формы или фиксировались также агрегаты иной морфологии? (к.т.н. **А.С. Опалев**);

8. Рекомендуются в дальнейших исследованиях рассмотреть применение тепловизионного контроля поверхности кусов руды в процессе СВЧ обработки для картирования зон локального перегрева и установления корреляции между пространственным распределением температурных аномалий и локализацией сульфидно-углеродистых включений. (д.т.н. **Ю.В. Конюхов**);

9. Углеродсодержащее вещество в рудах при нагреве способно претерпевать фазовые превращения. Оценивалось ли влияние добавления магнетита на процесс разложения углеродсодержащего вещества под влиянием СВЧ воздействия? (д.т.н. **Ю.В. Конюхов**);

10. В работе в качестве объектов исследования использованы модельные углеродсодержащие материалы помимо углеродистых благороднометалльных руд. Однако, в автореферате недостаточно раскрыто, насколько СВЧ обработка модельных материалов коррелирует с влиянием данного воздействия на углеродистые продукты обогащения. (д.т.н. **В.С. Куров**);

11. Разработанная принципиальная технологическая схема для руд с $C_{\text{орг}} < 1\%$ обеспечивает снижение содержания $C_{\text{орг}}$ в концентрате до $0,77\%$. Является ли это значение достаточным для последующего выщелачивания применительно к рудам конкретного исследуемого месторождения? (д.т.н. **В.С. Куров**);

12. В работе не учитывается влияние степени окисленности руды и вторичных изменений сульфидов на эффективность СВЧ-обработки, хотя эти факторы могут существенно изменить диэлектрические свойства материала и, следовательно, интенсивность локального нагрева. (к.т.н. **Д.Н. Семенихин**);

13. Для более полного обоснования предложенной технологической схемы представляется целесообразным оценить не только флотационную активность укрупнённых агрегатов золота и серебра, но и их механическую стабильность в условиях флотационной пульпы. От этих характеристик напрямую зависит выбор оптимального метода извлечения: если агрегаты достаточно прочны, возможно прямое флотационное извлечение без гравитационного передела; если же они склонны к разрушению, гравитация действительно может оказаться предпочтительным щадящим методом. Соответствующие экспериментальные данные в работе отсутствуют, однако их получение в дальнейших исследованиях позволило бы уточнить и, возможно, упростить предложенную технологию. (к.т.н. **Д.Н. Семенихин**);

14. В автореферате соискателем не приведены данные по объектам исследования: рудам и концентратам. Обоснование любой технологии, в том числе с применением энергетических воздействий, базируется на тщательном изучении химического и минерального составов руды, результатах пробирных анализов, исследований по нахождению благородных металлов в руде (рациональный анализ, сцинтилляционный анализ, распределения ценных компонентов и примесей по классам крупности мелкодробленой руды и т.д.) (к.т.н. **Е.А. Бурдакова**);

15. Какая крупность магнетита является оптимальной для проведения СВЧ обработки? (к.т.н. **Е.А. Бурдакова**);

16. На рис. 10 показано, что питанием МПСИ является материал крупностью $-200+0$ мм. При этом, основные результаты изменения физико-механических свойств руды, определяемые показателем CWI от вводимой энергии СВЧ обработки приведены для проб крупностью $-63+53$ мм, $-45+37,5$ мм, $-31,5+26,5$ мм, а также $-22,4+19$ мм. Причем, выбранная мощность СВЧ излучения, $0,013$ кВт*ч, апробирована на самой мелкой фракции $-22,4+19$ мм. Как соискатель может пояснить свои решения? Автор в своих решениях относительно проектируемой схемы, вероятно, опирался

на действующую схему цепи аппаратов золотоизвлекательной фабрики. Возможно, более подходящим вариантом было бы проектирование стадийной схемы дробления взамен схемы с крупным дроблением и полусамоизмельчением, которое позволило бы получать куски подходящей крупности. (к.т.н. **Е.А. Бурдакова**);

17. Какую крупность имела проба руды, для которой определялась кинетика измельчения (и оценивался прирост флотационного класса крупности $-0,071$ мм) до и после СВЧ обработки? (к.т.н. **Е.А. Бурдакова**);

18. Возможно, следовало бы кратко охарактеризовать влияние СВЧ обработки на сульфидные минералы изученных руд. (д.т.н. **Д.В. Макаров**);

19. Известно, что при воздействии СВЧ обработкой более 1 минуты, порода размером менее 20 см в диаметре буквально разрывается изнутри с образованием микротрещин; коалесценция ультрадисперсного золота: субмикроскопические («невидимые») частицы золота, запертые в углеродисто-сульфидной матрице, под действием локальных СВЧ-температур высвобождаются и укрупняются (коалесцируют путем оплавления) в микрокапли. Именно это и переводит упорное золото в свободную, легко извлекаемую форму. (д.т.н. **К.В. Федотов**);

20. На странице 12 автореферата, экспериментально получены данные по СВЧ обработке исходной руды. Оптимальное время обработки составляет 2 мин. Производительность цеха рудоподготовки, согласно приведенной производственной технологической схемы составляет 190 т/час, или 3,2 т/мин, или 0,05 т/с. За время обработки рудного потока, движущегося на транспортной ленте шириной 1,5 м. Скорость транспортной ленты $1 \div 2$ м/с. Исходя из этого, за 2 секунды обработки СВЧ подвергается 100-150 кг/руды. Вопрос. Какой длины необходим аппарат СВЧ обработки, чтобы руда находилась в зоне обработки 2 мин? Кроме того, величина зоны обработки у СВЧ излучателя не более 100 мм. Производственная обработка рудного потока СВЧ излучением не реальна даже при производительности 100 кг/час. (д.т.н. **К.В. Федотов**);

21. СВЧ обработка рудных потоков на ОФ всего мира опробована с тех пор, как она появилась в промышленном исполнении. На ГОКах не применяют в промышленном исполнении СВЧ обработку. (д.т.н. **К.В. Федотов**).

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:

разработана новая экспериментальная методика переработки углеродистых благороднометалльных руд с содержанием сорбционно-активного углерода более и менее 1 % с использованием СВЧ воздействия;

предложен нетрадиционный подход к оценке влияния СВЧ воздействия на физико-механические и технологические характеристики углеродистых благороднометалльных руд;

доказано наличие зависимостей изменения индекса чистой работы дробления Бонда и параметров $A \cdot b$ и t_a для углеродистой благороднометалльной руды до и после СВЧ воздействия;

введен новый интегральный критерий оптимизации флотационного процесса K для комплексной оценки эффективности разделения углеродистых и сульфидных компонентов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения по интеграции СВЧ обработки перед полусамомельчением для разупрочнения рудной массы и на стадии обогащения для укрупнения тонкодисперсных частиц золота и серебра за счет избирательного диэлектрического нагрева углеродисто-сульфидной фазы;

применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс существующих базовых методов исследования углеродистых благороднометалльных руд, статистической обработки данных и регрессионный анализ, а также имитационное компьютерное моделирование схем рудоподготовки в программном пакете JKSImMet;

изложены факты снижения энергозатрат на измельчение, укрупнения низкоразмерных частиц золота и серебра с добавлением магнетита, повышения извлечения благородных металлов в концентраты при переработке углеродистых благороднометалльных руд с применением СВЧ воздействия;

раскрыты противоречия между необходимостью вовлечения в переработку упорных углеродистых благороднометалльных руд, обусловленной истощением запасов богатых легкообогатимых руд, и низкой эффективностью их обогащения с применением традиционных методов, не обеспечивающих полноты извлечения золота и серебра при наличии сорбционно-активного углеродистого вещества;

изучены причинно-следственные связи между режимными параметрами СВЧ обработки, выбранными для исходного сырья и продуктов обогащения, и изменением физико-механических и технологических характеристик

углеродистых благороднометалльных руд, а также укрупнением низкоразмерных частиц золота и серебра в углеродистых продуктах обогащения;

проведена модернизация существующего алгоритма по переработке упорного сырья с использованием СВЧ воздействия.

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

разработаны и внедрены в методики проведения научно-исследовательских работ компании ООО «Р-Центр» (акт о внедрении (использовании) результатов диссертационных исследований от 25.04.2025) практические рекомендации по оценке влияния энергетического воздействия на минеральное сырье и продукты его обогащения, а также результаты по оценке влияния энергетического воздействия на прочностные параметры минерального сырья использованы АО «Полиметалл Инжиниринг» при разработке рекомендаций по выбору схем рудоподготовки (акт об использовании результатов диссертационных исследований от 27.03.2025);

определены перспективы практического применения разработанных технологических решений для углеродистых благороднометалльных руд с содержанием сорбционно-активного углерода более и менее 1 %;

создана система практических рекомендаций по оценке влияния СВЧ воздействия на прочностные параметры минерального сырья при выборе схем рудоподготовки;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию разработанных принципиальных технологических схем переработки углеродистых благороднометалльных руд с $C_{орг} > 1\%$ и $C_{орг} < 1\%$ с использованием СВЧ воздействия.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:
для экспериментальных работ результаты исследований получены с использованием сертифицированного и поверенного оборудования; их воспроизводимость подтверждена многократным повторением экспериментов; статистическая оценка проведена методами математического анализа;

теория построена на известных, повторяемых данных и фактах, согласующихся с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и смежным отраслям;

идея базируется на обобщении передового опыта применения энергетического воздействия при переработке минерального сырья;

использованы сравнения авторских данных об изменении физико-механических и технологических характеристик углеродистых

благороднометалльных руд за счет СВЧ воздействия с данными, полученными ранее по рассматриваемой и смежным тематикам;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, методы имитационного компьютерного моделирования в программном пакете JKSImMet и статистического анализа.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе современного состояния и перспектив переработки углеродистых благороднометалльных руд, а также определении возможности применения энергетического воздействия на различных стадиях трансформации сырья; включенном участии на всех этапах процесса; непосредственном участии соискателя в получении исходных данных и научных экспериментах; личном участии в апробации результатов исследований, выполненных лично автором; обработке и интерпретации экспериментальных данных, выполненных лично автором или при участии автора; подготовке основных публикации по выполненной работе.

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результаты научных работ, выполненных Абуровой В.А. в соавторстве, без ссылок на соавторов.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Абурова Валерия Александровна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 15.07.2026 диссертационный совет принял решение присудить **Абуровой Валерии Александровне** ученую степень кандидата технических наук за новые научно обоснованные технологические решения по переработке углеродистых благороднометалльных руд с применением СВЧ воздействия перед полусамоизмельчением и на стадии обогащения, что имеет существенное значение для комплексной переработки руд благородных металлов и повышения экономической эффективности обогатительных фабрик.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет

человек, проголосовали: за 15, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Сизяков
Виктор Михайлович

Николаева
Надежда Валерьевна

15.07.2026 г.