

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 11.09.2025 № 3

О присуждении Васильеву Роману Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Фазовые взаимодействия в химически реагирующих системах при гидрометаллургической переработке высокомышьяковистых медных концентратов» по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите 17.06.2025, 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.

Соискатель, Васильев Роман Евгеньевич, 23 августа 1997 года рождения, в 2021г. с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия.

С 01.10.2021 года по настоящее время года является аспирантом очной формы обучения кафедры металлургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре металлургии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Черемисина Ольга Владимировна**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра общей и физической химии, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

**Немчинова Нина Владимировна** – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», кафедра «Металлургия цветных металлов», заведующий кафедрой;

**Каримов Кирилл Ахтямович** – кандидат технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», научная лаборатория перспективных технологий комплексной переработки минерального и техногенного сырья цветных и черных металлов Института новых материалов и технологий, старший научный сотрудник;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **Общество с ограниченной ответственностью «Институт Гипроникель»**, г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном **Лисаковым Юрием Николаевичем**, кандидатом технических наук, заведующим лабораторией готовой продукции Департамента научно-технического развития, **Косовым Ярославом Игоревичем**, кандидатом технических наук, ученым секретарем института / старшим научным сотрудником лаборатории пирометаллургии, секретарем

заседания, и утвержденном Трофимовым Андреем Викторовичем, кандидатом технических наук, директором Департамента научно-технического развития, указала, что полученные Васильевым Романом Евгеньевичем результаты исследования открывают перспективы для совершенствования существующих технологий переработки серебро-медных концентратов и обладают научной и практической ценностью для широкого круга организаций, включая научно-исследовательские учреждения, производственные предприятия и образовательные организации высшего образования в области переработки цветных металлов.

Соискатель имеет 4 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 4 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работ, в том числе в 2 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 международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 3,69 печатных листов, в том числе 2,41 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. Васильева А. А., Бодуэн А. Я., Васильев Р. Е. Анализ возможности применения гидрометаллургических методов с целью улучшения переработки медных концентратов //iPolytech Journal. – 2022. – Т. 26. – №. 2 (163). – С. 320-335. (№ 391 Перечня ВАК ред.25.05.2022).

*Соискателем проведен анализ существующих методов гидрометаллургической переработки сульфидного медного сырья; анализ*

*преимуществ и недостатков автоклавного окислительного выщелачивания полиметаллического сырья.*

2. **Васильев Р. Е.,** Бодуэн А. Я., Васильева А. А. Гидрометаллургические технологии переработки мышьяковистого сырья //iPolytech Journal. – 2022. – Т. 26. – №. 4 (165). – С. 677-687. (№ 45 Перечня ВАК ред.20.12.2022).

*Соискателем проведен анализ существующих способов утилизация соединений мышьяка при переработке полиметаллического сырья; анализ методов окисления трехвалентного мышьяка до пятивалентного с последующим осаждением в малорастворимые соединения.*

*Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus:*

3. Черемисина О. В., **Васильев Р. Е.,** Нетрусов А. О., Тер-Оганесянц А. К. Влияние процессов горячего кондиционирования и кипячения с известью продукта автоклавной переработки высокомышьяковистого медного сырья на показатели извлечения драгоценных металлов при последующем цианировании // Цветные металлы – 2024 – №2. С. 19-26.

*Соискателем проведены лабораторные испытания по автоклавному окислительному выщелачиванию двух проб медных концентратов; по горячему кондиционированию и кипячению с известью; по нейтрализации и цианидному выщелачиванию твердых продуктов. Экспериментально подтверждено повышение извлечение серебра на стадии цианидного выщелачивания за счет предварительного разрушения соединений, инкапсулирующих серебро, – аргентоярозитов.*

4. Cheremisina O., **Vasiliev R.,** Fedorov A. Effect of Potassium Salt Addition on Silver Precipitation During Hydrothermal Synthesis of Argentojarosites //Metals. – 2024. – Vol. 15. – №. 1. – P. 24.

Черемисина О.В., Васильев Р.Е., Федоров А.Т. Влияние добавки соли калия на осаждение серебра при гидротермальном синтезе аргентоярозитов //Metals. – 2024. – Т. 15. – №. 1. – С. 24.

*Соискателем проведены лабораторные испытания по гидротермальному синтезу соединений, относящихся к группе ярозитов. Экспериментально подтверждено преимущественно образование калиевых ярозитов по сравнению с аргентоярозитами. Получены значения энергии Гиббса и энергии активации процесса совместного осаждения калиево-серебряного ярозита.*

*Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:*

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024617781 Российская Федерация. Программа расчета параметров и оборудования процесса гидротермической переработки сульфидного сырья. Заявка № 2024616858: заявл. 03.04.2024: опубл. 04.04.2024/ **Р.Е. Васильев, О. В. Черемисина, Г.В. Романов**; заявитель/правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II. – 1 с.

*Соискателем приведен расчёт подачи исходных компонентов в автоклав при автоклавном окислительном выщелачивании сульфидного сырья, количества и рабочего объема оборудования для переработки твердого остатка автоклавного окислительного выщелачивания. Программный комплекс позволяет определить количество подаваемой твердой фазы, жидкой фазы и газовой смеси в зависимости от заданных параметров процесса, рассчитать состав отходящей газовой фазы, установить производительность и параметры оборудования разбавления и цианидного выщелачивания продуктов автоклавного вскрытия сульфидного сырья.*

Апробация диссертационной работы проведена на научных

конференциях международного и всероссийского уровня:

- XXIII международная конференция «Черняевская конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов» (3-7 октября 2022 года, г. Новосибирск), тема доклада «Комплексная гидрометаллургическая переработка высокомышьяковистых медных концентратов, содержащих благородные металлы»;
- «Полезные ископаемые России и их освоение» (24-28 апреля 2023 года, г. Санкт Петербург) тема доклада «Гидрометаллургический способ переработки высокомышьяковистого серебро-медного сырья»;
- «Полезные ископаемые России и их освоение» (21-25 октября 2024 года, г. Санкт Петербург) тема доклада «Снижение образования аргентоярозитов в присутствии солей калия при гидротермальном синтезе»;
- XX Всероссийская конференция-конкурс студентов выпускного курса и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (1-7 декабря 2024 года, г. Санкт Петербург) тема доклада «Снижение образования аргентоярозитов в присутствии солей калия при гидротермальном синтезе»
- LXXXIII Международной научно-практической конференции «Научный форум: Технические и физико-математические науки» (14 апреля 2025 года, г. Москва), тема доклада «Повышение извлечения серебра на стадии цианидного выщелачивания за счет дополнительного кондиционирования суспензии автоклавирования».

В диссертации Васильева Романа Евгеньевича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: старшего научного сотрудника научно-технического отдела Nietz Technologies (ООО «Научно-исследовательский центр «Гидрометаллургия»), к.т.н. **Д.В. Гордеева**; заместителя начальника управления гидрометаллургии АО «Полиметалл Инжиниринг», д.х.н. **М.Ю. Аляпышева**; профессора кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических

процессов ФГБОУ ВО «Российский Химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева», д.т.н. **Т.В. Коньковой**; ведущего инженера лаборатории переработки растворов дирекции по научно-технологическим исследованиям управления гидрометаллургии АО «Полиметалл Инжиниринг», к.х.н. **Р.И. Ибрагимовой**, директора департамента гидрометаллургии АО «ГипроРИВС», к.т.н., **А.Я. Бодуэн**, технолога ООО «НТЦ ТПТ», к.т.н., **А.А. Царевой**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечены ряд замечаний:

1. Почему выбрано время проведения процесса кипячения с известью равное двум часам? Проводились ли опыты с варьированием времени процесса (к.т.н. **Д.В. Гордеев**)?

2. Почему апробирование результатов, полученных на модельных растворах, проведено только на одном концентрате, хотя ранее, опыты по дополнительному кондиционированию были представлены для двух проб концентратов (к.т.н. **Д.В. Гордеев**)?

3. Диссертант не приводит погрешности для данных, приведенных на графиках 1-7 (д.х.н. **М.Ю. Аляпышев**).

4. На стр. 13 и рисунке 5 не приведены исходные условия для 3 серий опытов по синтезу ярозитов (соотношение K/Ag; K/Fe; Ag/Fe). Отличались ли условия проведения опытов (д.х.н. **М.Ю. Аляпышев**)?

5. На стр. 14 указано «Заданное отношение молярных концентраций калия и серебра в исходном растворе составило 2:1.» Не показано, как было выбрано такое соотношение K/Ag (д.х.н. **М.Ю. Аляпышев**)?

6. Автору следовало бы указать способ выделения меди из раствора автоклавного выщелачивания (д.т.н. **Т.В. Конькова**).

7. Не понятен критерий выбора аниона соли калия в виде сульфата. Приведет ли к изменению процесса замена сульфат-иона, например, на хлорид, и если да, то каким образом (**д.т.н. Т.В. Конькова**)?

8. «Содержание железосодержащих твердых фаз в кеке и их соотношение при переработке двух концентратов несколько различаются, что объясняется различным исходным составом образцов». Какие конкретно различия имеются ввиду? В минералогическом, химическом составе (**к.х.н. Р.И. Ибрагимова**)?

9. Какая модернизации действующих технологических схем переработки сырья потребуется для внедрения операций по дополнительному кондиционированию (**к.х.н. Р.И. Ибрагимова**)?

10. Чем подтверждается образование осадка оксида трехвалентного железа при дефиците содержания катионов металлов, способных к осаждению в кристаллической решетке ярозита (**к.х.н. Р.И. Ибрагимова**)?

11. Каков был смысл проведения опытов по осаждению ярозитов в атмосфере азота? Оказывало ли исключение кислорода существенное влияние на кинетику и механизм изучаемых химических реакций в условиях, моделирующих автоклавный процесс (**к.т.н. А.Я. Бодуэн**)?

12. Тезис о перспективном направлении исследования, связанном с изучением влияния катионов мышьяка на кристаллизацию ярозитов, требует уточнения. Планируется ли изучать этот механизм путем введения солей мышьяка в модельные системы или же через варьирование состава реального сырья с разным содержанием мышьяка (**к.т.н. А.Я. Бодуэн**)?

13. По оформлению: в таблице 1 разная высота строк для концентратов МК-й и МК-2; Размер подписей к рисунку 7 отличается от остальных рисунков; отступ у вывода 1 в заключении больше, чем у остальных выводов (**к.т.н. А.А. Царева**).

14. В автореферате не приведена реакция процесса горячего кондиционирования (**к.т.н. А.А. Царева**).

15. «Время проведения операции горячего кондиционирования должно быть не менее 2 часов». Есть ли данные о меньшем времени проведения горячего кондиционирования (к.т.н. А.А. Царева)?

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** способ повышения извлечения серебра из серебро-медных концентратов в технологии высокотемпературного автоклавного окислительного выщелачивания путем введения сульфата калия в исходную суспензию автоклавирования;

**предложена** новая методика определения закономерности процесса образования калиево-серебряных ярозитов при гидротермальном синтезе, моделирующем условия автоклавного окислительного выщелачивания серебро-медного сырья;

**доказана** принципиальная возможность использования сульфата калия в качестве добавки в процесс автоклавного выщелачивания серебро-медного сырья как соли металла, обладающего большей термодинамической предпочтительностью к образованию ярозитов.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказано**, что при переработке серебро-медного сырья методом автоклавного окислительного выщелачивания происходит инкапсуляция серебра в форме ярозитов, препятствующая дальнейшему проведению стандартной методики цианирования;

**определены** термодинамические параметры образования калиевого и серебряного ярозитов, подтверждающие преимущественное образование калиевых ярозитов по сравнению с серебряными;

**установлено** влияние добавки сульфата калия при автоклавном окислительном выщелачивании серебро-медного концентрата на повышение извлечения серебра стандартной операцией цианирования;

**показано**, что с увеличением температуры количество инкапсулируемого серебра в твердой фазе ярозита возрастает.

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

**разработаны и внедрены** технологические решения автоклавного окислительного выщелачивания сульфидного серебро-медного сырья путем введения добавки сульфата калия (акт внедрения АО «Полиметалл Инжиниринг» от 20.12.2024 г.);

**определены** возможности промышленной реализации технологического процесса переработки сульфидного серебро-медного сырья в условиях введения в технический процесс соли сульфата калия;

**создана** система практических рекомендаций, способствующие повышению экономического эффекта от внедрения добавки сульфата калия в процесс автоклавного окислительного выщелачивания;

**представлены** предложения по использованию результатов диссертационного исследования горно-металлургическими компаниями, занимающимися переработкой серебросодержащего сырья, при которой наблюдаются его потери в форме ярозита, а также институтами и научными центрами, работающими в данном направлении.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**результаты экспериментальных работ** получены на сертифицированном ПО для проведения лабораторных испытаний по автоклавному окислительному выщелачиванию, в работе использовались современные физико-химические методы анализа, для обработки результатов экспериментов применялось современное ПО;

**теория** построена на известных и проверяемых данных, изложенных в актуальных научных источниках информации и в результате использования специализированного программного обеспечения;

**идея базируется** на присутствии в процессе автоклавного выщелачивания соли щелочного металла, имеющего большую по сравнению с серебром склонность к образованию соединений группы ярозитов;

**установлено** соответствие полученных соискателем результатов поставленной цели диссертационного исследования и отсутствие противоречий выводов и рекомендаций существующим теориям и практикам по теме диссертации;

**использованы** методы сбора и обработки статистической информации по мировой и российской медеперерабатывающей отрасли, нормативно-методической документации, отчётных данных компаний минерально-сырьевого комплекса.

**Личный вклад соискателя состоит в** формулировании цели и постановке задач исследования, проведении анализа научно-технической литературы, обзора и оценки методов переработки сульфидного медного сырья и утилизации мышьяка из продуктов металлургических производств. Автор непосредственно принимал участие во всех лабораторных испытаниях по автоклавному окислительному выщелачиванию и гидротермальному синтезу. Автор принимал участие в подготовке и оформлении результатов, опубликованных в журналах из перечня ВАК и журналах, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Васильев Роман Евгеньевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 11 сентября 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Васильеву Р.Е. ученую степень кандидата технических

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 9 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 15, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

диссертационного совета



Надежда Валерьевна

11.09.2025 г.