

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»,  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 20.05.2026 г. №60

О присуждении Никитину Максиму Станиславовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование комплексного рафинирования серосодержащей стали с применением модификаторов на основе бария и кальция с целью повышения ее качества» по специальности 2.6.2. «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов» принята к защите 16.01.2026 г. (протокол заседания № 60П) диссертационным советом 24.2.437.01, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76, утвержденным приказом № 105/НК от 11.04.2012 г.

Соискатель Никитин Макс Станиславович, 16 мая 1995 года рождения. В 2021г. М.С. Никитин окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» по направлению 22.04.02

«Металлургия». В период с 2021 по 2025 год проходил обучение в аспирантуре Волгоградского государственного технического университета.

В период подготовки диссертации и по настоящее время Никитин М.С. работает в должности ведущего инженера-технолога лаборатории технологии сталеплавильного производства службы главного сталеплавильщика филиала ПАО «ТМК» Волжский трубный завод (ранее АО «ВТЗ») в г. Волжский, Волгоградская область.

Диссертация выполнена на кафедре «Технология материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Зюбан Николай Александрович, профессор кафедры «Технология материалов» ФГБОУ ВО «ВолгГТУ».

*Официальные оппоненты:*

**Бигеев Вахит Абдрашитович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск;

**Бакин Игорь Валерьевич**, кандидат технических наук, директор ООО «Центр исследований и разработок «Новые перспективные продукты», г. Челябинск;

– дали положительные отзывы на диссертацию.

*Ведущая организация:* **ГНЦ РФ АО «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения»**, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором, лауреатом Государственной премии СССР и премии Правительства РФ Дубом Владимиром Семеновичем и

утвержденном Генеральным директором ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ», доктором технических наук Орловым Виктором Валерьевичем, указала, что диссертация Никитина Макса Станиславовича является законченной научно-квалификационной работой, диссертация написана технически грамотным языком, оформлена в соответствии с общепринятыми нормами, а представленные к защите результаты диссертационного исследования содержат новизну и имеют практическую значимость. Также в отзыве отмечено, что в проделанной работе впервые показано положительное влияние комплексного рафинирования модификаторами на основе бария и кальция, как на качество готовой продукции, так и на процесс непрерывной разливки стали. Указано, что диссертация полностью соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а соискатель Никитин Макс Станиславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ, 4 публикации в наукометрических базах данных Scopus и WoS, 1 патент на изобретение.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

*Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ и международных баз данных:*

1. Особенности распределения неметаллических включений в непрерывнолитых заготовках из серосодержащей стали С45Е / Д.В. Руцкий, Н.А. Зюбан, М.В. Кириличев, **М.С. Никитин**, М.Ю. Чубуков // Сталь. - 2023. - № 11. - 8-11. (**ВАК, Scopus, WoS, RSCI**) (авторская доля 2 из 4 с.).

*Перевод. Features of the Distribution of Nonmetallic Inclusions in Continuously Cast Billets Made of Sulfur-Containing Steel C45E / Д.В. Руцкий, Н.А. Зюбан, М.В.*

Кириличев, М.С. Никитин, М.Ю. Чубуков // *Steel in Translation*. - 2023. - Vol. 53, Issue 11 (November). – P. 1078-1082. – DOI: <https://doi.org/10.3103/S096709122311027X>. (ВАК, Scopus, WoS)

2. Исследование и анализ причин зарастания сталеразливочного тракта при получении стали С45Е (Research and analysis of causes of the steel pouring tracts culling during S45E steel production) / Н.А. Зюбан, Д.В. Руцкий, М.С. Никитин, М.В. Кириличев // *Черные металлы (Chernye Metally)*. - 2023. - № 10 (1102). - 70-77. - DOI: 10.17580/chm.2023.10.11. (ВАК, Scopus) (авторская доля 4 из 8 с.).

3. Особенности строения непрерывнолитной заготовки из стали марки С45Е / Д.В. Руцкий, Н.А. Зюбан, М.В. Кириличев, М.С. Никитин, А.А. Шуклин, Я.Ю. Молоканова, Е.А. Косова // *Известия ВолгГТУ. Сер. Metallurgy*. - Волгоград, 2023. - № 7 (278). - С. 65-68. - DOI: 10.35211/1990-5297-2023-7-278-65-68. (ВАК) (авторская доля 2 из 4 с.).

4. Оценка эффективности использования проволоки Вa15Ca9Si45 при внепечной обработке стали марки 26ХМФБА / Д.В. Руцкий, Н.А. Зюбан, М.С. Никитин, М.В. Кириличев, Ал.А. Шуклин, А.Ю. Агарков // *Известия ВолгГТУ. Сер. Metallurgy*. - Волгоград, 2022. - № 7 (266). - С. 67-72. (ВАК) (авторская доля 3 из 6 с.).

5. Производство непрерывнолитных заготовок из стали 26ХМФБА для обсадных труб с применением барийсодержащей лигатуры / Д.В. Руцкий, В.В. Морозов, Н.А. Зюбан, М.В. Кириличев, М.С. Никитин, Р.М. Войтенко, В.О. Харламов // *Металлург*. - 2022. - № 5. - 45-55. - DOI: 10.52351/00260827\_2022\_05\_45. (ВАК, Scopus, WoS, RSCI) (авторская доля 5 из 11 с.).

*Перевод. Production of Steel 26KHMFBa Continuously-Cast Billets for Casing Pipes Using Barium-Containing Master Alloy / Д.В. Руцкий, В.В. Морозов, Н.А. Зюбан, М.В. Кириличев, М.С. Никитин, Р.М. Войтенко, В.О. Харламов // Metallurgist. –*

2022. – Vol. 66, issue 5-6 (September). – P. 544-556. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s11015-022-01359-2>. (**ВАК, Scopus, WoS**)

6. Влияние внепечной обработки на загрязненность НМВ при выплавке стали 26ХМФБА / Д.В. Руцкий, Н.А. Зюбан, М.В. Кириличев, **М.С. Никитин** // Сталь. - 2021. - № 7. - 17-21. (**ВАК, Scopus, WoS, RSCI**) (авторская доля 3 из 6 с.).

*Перевод. Influence of Secondary Refining on the Non-Metallic Inclusions Rating during 26KhMFBA Steel Melting / Д.В. Руцкий, Н.А. Зюбан, М.В. Кириличев, М.С. Никитин // Steel in Translation. - 2021. - Vol. 51, issue 7 (July). – P. 475-479. – DOI: <https://doi.org/10.3103/S096709122107007X>. – URL: <https://link.springer.com/article/10.3103/S096709122107007X>. (**ВАК, Scopus, WoS**)*

7. Оценка эффективности использования проволоки СК30 при внепечной обработке стали / Д.В. Руцкий, А.Ю. Агарков, Н.А. Зюбан, **М.С. Никитин**, Р.М. Войтенко, М.М. Зимин // Известия ВолгГТУ. Сер. Metallургия. - Волгоград, 2021. - № 7 (254). - С. 46-49. (**ВАК**) (авторская доля 1 из 4 с.).

8. Влияние модифицирования стали 45 на химический состав и загрязненность НМВ / Д.В. Руцкий, С.А. Гузенков, Н.А. Зюбан, **М.С. Никитин**, Р.М. Войтенко // Известия ВолгГТУ. Сер. Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. - Волгоград, 2020. - № 4 (239) Апрель. - С. 58-63. (**ВАК**) (авторская доля 3 из 6 с.).

#### *Патенты:*

1. Пат. 2828048 Российская Федерация, МПК С21С 7/00. Способ модифицирования неметаллических включений в электростали / Н.А. Зюбан, Д.В. Руцкий, **М.С. Никитин**; ФГБОУ ВО ВолгГТУ. - 2024.

#### *Публикации в других изданиях:*

1. Исследование влияния кальций и барийсодержащих модификаторов на состав, размер и количество неметаллических включений, образующихся при производстве непрерывнолитых заготовок / **М.С. Никитин**, Н.А. Зюбан, Д.В. Руцкий, М.В. Кириличев, И.И. Юхимчук // Сборник трудов XVIII Международного

Конгресса сталеплавильщиков и производителей металла «От руды до стали» – ISCON-2025 (г. Санкт-Петербург, 7-10 апреля 2025 г.) / ООО «Корпорация АльянсМеталлургия», Ассоциация сталеплавильщиков, АО "АЭМ-технологии" - АО "АЭМ-Спецсталь", Санкт-Петербургский политех. ун-т им. Петра Великого, науч. Совет по металлургии и металловедению отделения химии и наук о материалах РАН. - Санкт-Петербург, 2025. - С. 151-156.

2. Совершенствование технологии модифицирования стали при внепечной обработке / **М.С. Никитин**, В.В. Морозов, Н.А. Зюбан, Д.В. Руцкий, А.В. Дроздов // XXII Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (ф. т. Сириус, 7-12 октября 2024 г.): сб. тез. докл. В 7 т. Т. 2 / РХО им. Д. И. Менделеева [и др.]. - Москва, 2024. - С. 52.

3. Определение причин нестабильной разливки НЛЗ из серосодержащей марки стали С45Е / **М.С. Никитин**, А.В. Дроздов, Д.В. Руцкий, В.В. Морозов, Н.А. Зюбан // Трубы-2023: Промышленность в условиях глобальных вызовов: тр. XXV Юбил. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Челябинск, 13-15 сентября 2023 г.) / отв. ред.: И. Ю. Пышминцев; Русский НИИ трубной промышленности, Фонд развития трубной промышленности. - Челябинск, 2023. - С. 55-60.

4. **Никитин, М.С.** Оценка влияния барий-содержащих модифицирующих добавок на качественные характеристики стали, произведенной в условиях ЭСПЦ АО «ВТЗ» / **М.С. Никитин**, А.А. Шуклин // XXVII Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 2–15 ноября 2022 г.) : сб. материалов конф. / редкол.: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]; ВолГТУ. - Волгоград, 2022. - С. 106-107.

5. **Никитин, М.С.** Улучшение разливаемости стали марки С45Е при получении непрерывнолитой заготовки сечением 360х360 мм / **М.С. Никитин**, Ал.А. Шуклин // XXVI Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 16–28 ноября 2021 г.) : сб.

материалов конф. / редкол.: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]; ВолгГТУ. - Волгоград, 2022. - С. 85-87.

6. **Никитин, М.С.** Влияние барий и кальций содержащих модификаторов на загрязненность стали НМВ на стадиях выплавки, разлива и затвердевания / **М.С. Никитин, Р.М. Войтенко** // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград, 26–30 апреля 2021 г.): тез. докл. / редкол.: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]; ВолгГТУ, Отд. координации науч. исследований молодых ученых УНИИ, Общество молодых ученых. - Волгоград, 2021. - С. 37-38.

7. **Никитин, М.С.** Изменение фазового состава и загрязненности НМВ при выплавке стали 26ХМФБА / **М.С. Никитин, Р.М. Войтенко** // XXV Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 24–27 ноября 2020 г.): сб. материалов конф. / редкол.: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]; ВолгГТУ. - Волгоград, 2021. - С. 119-120.

8. **Никитин, М.С.** Влияние схемы ввода модификатора (SiBa) на загрязненность стали 26ХМФБА и фазовый состав неметаллических включений / **М.С. Никитин, Р.М. Войтенко** // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград, 19-22 мая 2020 г.): тез. докл. / редкол.: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]; ВолгГТУ, Отдел координации научных исследований молодых учёных УНИИ, Общество молодых учёных. - Волгоград, 2020. - С. 59-60.

9. **Никитин, М.С.** Исследование состава, размеров, количества неметаллических включений при обработке стали кальций и барийсодержащими модификаторами / **М.С. Никитин, Р.М. Войтенко** // XXIV Региональная конференция молодых учёных и исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 3-6 декабря 2019 г.): сб. материалов конф. / редкол.: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]; Комитет образования, науки и молодёжной политики Волгоградской

обл., ГБУ ВО «Центр молодёжной политики», Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград, 2020. - С. 183-184.

На диссертацию и автореферат поступило 14 отзывов. Все отзывы положительные, в некоторых имеются замечания:

I. Ведущая организация, **ГНЦ РФ АО «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения»**, указала следующие замечания:

1. В названии работы используется термин «серосодержащие», дающий основания предполагать ориентировочное назначение исследуемых в работе марок стали. Однако, в тексте работы не представлено назначение марок стали С45Е и 20ХМФБ. Рассмотрение марочного содержания элементов в стали 20ХМФБ дает основание классифицировать данную марку как качественную, что не согласуется с названием работы.

2. В работе не представлено объяснение термина «серийность производства», что не позволяет в полном объеме оценить практическую значимость работы. Рекомендуется в докладе акцентировать внимание и уточнить тоннаж производимых плавок стали и дать краткую характеристику основного действующего оборудования электросталеплавильного цеха АО «ВТЗ».

3. В п.3 выводов работы указано положительное влияние барийсодержащих модификаторов на снижение общей загрязненности стали неметаллическими включениями. При этом не указаны сравнительные показатели, что затрудняет оценить значимость достигнутого показателя величиной 0,0090 об.%. Желательно указать степень снижения общей загрязненности стали неметаллическими включениями.

4. В приложении Б текста диссертационной работы «Акт об использовании результатов научно-исследовательской работы» не упоминается фамилия соискателя, при этом само название НИР отличается от названия темы

диссертационного исследования. Рекомендуется дать пояснение в материалах доклада.

II. Официальным оппонентом д.т.н., профессором **Бигеевым Вахитом Абдрашитовичем** сделаны следующие замечания:

1. В диссертации отсутствуют данные о технических характеристиках основных агрегатов электросталеплавильного цеха Волжского трубного завода. Представленное описание технологических операций при внепечной обработке носит выборочный характер, технологические параметры выплавки и непрерывной разливки приведены в недостаточном объёме.

2. В работе недостаточно подробно раскрыт кинетический аспект взаимодействия бария с существующими оксидными подложками.

3. Представляется целесообразным более детально рассмотреть влияние остаточного магния на формирование шпинельных фаз.

4. Следовало бы более детально сопоставить энерготехнологические показатели при различных схемах ввода модификатора с учётом продолжительности обработки и расхода материалов.

5. Желательно было бы представить расширенную статистическую обработку результатов механических испытаний с указанием доверительных интервалов.

6. В работе не представлены данные по химическому составу шлака внепечной обработки и разливки. Процесс ассимиляции неметаллических включений во многом зависит от физико-химических свойств шлака, что могло оказать влияние на итоговые результаты по оценке общей загрязнённости стали 20ХМФБ.

7. В приложении А диссертации соискателем представлено изменение химического состава опытных плавок стали С45Е в рамках регламентированных маркой элементов. Не приводятся результаты определения фактических концентраций бария до и после ввода модификатора, а также отсутствует информация по определению концентрации свободного кислорода в металле, что затрудняет проведение сравнительного анализа между плавками с разной схемой

отдачей модификатора. В приложении отсутствуют подробные данные по изменению химического состава стали 20ХМФБ.

8. Соискателем не уточняется, за счёт чего достигается эффект более равномерного распределения неметаллических включений по сечению НЛЗ при обработке расплава модификатором состава Ca-Ba-Si. Представленные данные в совокупности со сравнительной оценкой развития внутренних дефектов макроструктуры НЛЗ из стали С45Е носят информативный характер, выводы и заключения по данному аспекту работы отсутствуют.

III. Официальным оппонентом к.т.н. **Бакиным Игорем Валерьевичем** сделаны следующие замечания:

1. В пункте 1 научной новизны утверждается, что установлено дискретное воздействие бария на формирование и фазовый состав включений, заключающееся в том, что на начальном этапе процесса модифицирования на имеющихся подложках в виде корунда или магнезиальной шпинели выделяются оксиды с барием типа  $mBaO \times nAl_2O_3$ . В результате быстрого окисления бария, активным модификатором в расплаве остается Ca, который расходуется на образование на поверхности формирующихся включений алюминатов кальция преимущественно состава  $12CaO \cdot 7Al_2O_3$  (майенит) с температурой плавления около 1415 °С, вероятность образования которых возрастает с увеличением содержания кальция в составе модификатора

а. В работе представлены данные, которые могут свидетельствовать о дискретности воздействия бария (см. рис. 2), однако утверждать, что данный факт окончательно установлен вряд ли корректно. Скорость удаления барийсодержащих включений очень высока, что проиллюстрировано как более ранними исследованиями, так и данными автора (см. рис. 4) – уже в пробе из пром.ковша барийсодержащих НВ практически нет, тем более в пробе на МНЛЗ. Следовательно, представленные в качестве доказательства исследования морфологии НВ могут говорить лишь о том, как формировались именно эти включения – «ошибка

выжившего». Существенная часть барийсодержащих включений на момент отбора пробы ассимилировалась шлаком и могла иметь другое сочетание «слоев». А данные, представленные на рис. 3 указывают на вероятность одновременного взаимодействия бария и кальция с шпинельной подложкой, поскольку разделение на слои выглядит условным – Ва и Са располагаются в разных соотношениях в примерно в одном и том же слое.

b. Тезис о том, что вероятность образования алюминатов кальция типа «майенит» возрастает с повышением содержания кальция требует уточнения, поскольку для получения тех или иных соотношений  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  в составе НВ требуется не высокое или низкое, а соответствующее содержание кальция.

c. Тезис о соотношении большей или меньшей активности бария и/или кальция по отношению к кислороду и/или глиноземсодержащим НВ желательно проиллюстрировать данными термодинамических расчетов. Безусловно данные таких расчетов трудно впрямую переносить на реальные процессы, но это может в какой-то степени обозначить тенденции, показать вероятные направления процессов.

d. При выдвигении гипотез о механизмах влияния кальция и/или бария на процесс модифицирования НВ желательно учесть особенности, способные повлиять на кинетику процесса, а именно растворимость активных элементов в жидком железе, упругость пара при температуре обработки стали и т.п.

2. В пункте 2 научной новизны автор утверждает, что установлено влияние комплексных барий и кальцийсодержащих модификаторов на получение мелких, в среднем до 2 мкм, оксидных и оксисульфидных НМВ за счет большей модифицирующей способности бария по сравнению с кальцием. Желательно пояснить, что имеется ввиду под «модифицирующей способностью» и предложить гипотезу о том, по какому механизму высокая модифицирующая способность бария приводит к указанному эффекту.

3. В разделе 1.3 указано, что «...Широкое распространение как модификатор получила группа щелочноземельных элементов. Присадка металлов этой группы (Ca, Mg, Ba, Sr) в качестве модификаторов способствует образованию прочных оболочек вокруг модифицируемых оксидов за счет высокого сродства к кислороду. В результате модифицирования НМВ приобретают глобулярный вид, а их химический состав усложняется». Раздел посвящен анализу текущих представлений о модифицировании и в данном случае приведена информация из литературного источника, однако лит.обзор предполагает критический взгляд на ранние исследования, в частности автору наверняка известно, что Mg по многим причинам не имеет широкого распространения как модификатор сталей, тем более не способствует получению НВ глобулярного вида.

4. Во второй главе в описании хода экспериментов указано, что:

Модифицирование проводилось по двум схемам:

1. Штатная технология: обработка расплава проволокой с наполнителем СК-30 до и после вакуумирования с последующей рафинирующей продувкой (5 минут);

2. Опытная технология: обработка проволокой с комплексным модификатором Ba17Ca9Si50 и Ba16Ca25Si40 до и после вакуумирования.

Варианты опытной обработки:

1. Ba17Ca9Si50 до вакуумирования, СК30 после (пл. 205207);

2. Ba17Ca9Si50 до и после вакуумирования (пл. 205208);

3. Ba16Ca25Si40 до и после вакуумирования (пл. 212631-212636).

На стали 20ХМФБ отдача проволоки производилась до или после вакуумирования с рафинирующей продувкой (8 минут) перед разливкой. Схема опытной серии:

Первая плавка: штатная технология (СК30 после вакуумирования);

Вторая плавка: СКБа15 до вакуумирования;

Третья плавка: СКБа15 после вакуумирования.

Вопрос: по какой причине заменили  $\text{Ba17Ca9Si50}$  и  $\text{Ba16Ca25Si40}$  на СКБа15. Почему считаете, что использование такого состава оптимально, ведь до этого говорили, что отношение  $\text{Ca/Ba}$  оказывает существенное влияние на эффективность процесса модифицирования. Так, для СКБа15  $\text{Ca/Ba} \approx 1/1$  для  $\text{Ba17Ca9Si50} \approx 0,5$  и  $\text{Ba16Ca25Si40} \approx 1,5$ .

IV. От профессора кафедры металлургии и металловедения имени С.П. Угаровой, заместителя директора по науке и инновациям СТИ НИТУ «МИСИС» (г. Старый Оскол), доктора технических наук, доцента **Кожухова Алексея Александровича** и профессора кафедры металлургии и металловедения имени С.П. Угаровой, доктора технических наук, профессора, Почетного металлурга России **Семина Александра Евгеньевича** поступил отзыв, содержащий следующие замечания:

1. Несмотря на достаточно убедительное представление работы в автореферате, полезно было бы расширить теоретическую часть, а именно представить используемые реакции, их термодинамические характеристики, что весьма важно, используя комплексные модификаторы.

2. В связи с тем, что сера обладает весьма высокой ликвационной способностью, полезно было бы представить анализ качества металла, например, начало разливки и конец разливки. Возможно, такие данные приводятся в самой диссертации.

V. От профессора кафедры «Металлургия и химические технологии» ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск), доктора технических наук, профессора **Столярова Александра Михайловича** поступил отзыв, содержащий следующие замечания:

1. В автореферате отсутствуют сведения о химическом составе исследуемой стали марок С45Е и 20ХМФБ.

2. Нет данных о технической характеристике основных агрегатов электросталеплавильного цеха Волжского трубного завода.

3. Не понятно, почему автор заменил общепринятое сокращение термина «неметаллическое включение» НВ на НМВ.

4. Из текста автореферата не понятно, чем обусловлен выбор химического состава представленных модификаторов.

5. В тексте автореферата не приведено сравнение химического состава применявшихся модификаторов.

VI. От заведующего кафедрой металлургии чёрных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк), кандидата технических наук, доцента **Фейлера Сергея Владимировича** поступил отзыв, содержащий следующие замечания:

1. Использование в названии работы и по тексту термина «серосодержащая сталь» представляется не вполне удачным с точки зрения строгости металлургической терминологии, поскольку сера в тех или иных количествах присутствует практически во всех сталях. Более корректным было бы использование формулировок «сталь с повышенным содержанием серы», «сталь с нормируемым содержанием серы» либо наименование конкретного класса сталей, если именно он имеется в виду.

2. Из текста автореферата не в полной мере ясно, каковы границы применимости установленных закономерностей для более широкого круга марок стали, отличающихся по степени легирования, способу раскисления и содержанию серы. Хотя автор и указывает на возможность тиражирования результатов на производство раскисляемых алюминием серосодержащих марок стали различной степени легирования, этот вывод в автореферате раскрыт достаточно кратко.

3. Представляло бы интерес более развёрнутое сопоставление роли термодинамических и кинетических факторов в механизме действия бария и кальция при совместном модифицировании неметаллических включений. Автором предложена содержательная схема дискретного участия бария в образовании оксидных фаз, однако количественная оценка усвоения бария и условий наиболее

эффективного проявления его модифицирующего действия в автореферате представлена ограниченно.

VII. От руководителя научного отдела Черной металлургии Института металлургии имени академика Н.А. Ватолина Уральского отделения РАН, главного научного сотрудника лаборатории стали и ферросплавов (г. Екатеринбург), член-корр. РАН, почетного металлурга, доктора технических наук, профессора **Бабенко Анатолия Алексеевича** поступил отзыв, содержащий следующие замечания к автореферату:

1. На рис. 2 (с. 12) приведено изображение неметаллического включения с барием. Однако на представленном изображении отсутствуют точки определения химического состава включения, что затрудняет его точную идентификацию;

2. В таблице 1 (с. 12) представлены результаты подсчёта уровня загрязнённости стали лабораторных плавок неметаллическими включениями, но при этом в описании к таблице отсутствуют параметры кристаллизации слитков и «ковшевой пробы плавки 2». Изменение параметров кристаллизации между пробами может оказывать влияние на изменение состава неметаллических включений.

VIII. От начальника центральной заводской лаборатории ООО «Русская нержавеющая компания» (г. Волжский) **Агринского Евгения Владиславовича** поступил отзыв, содержащий следующие замечания:

1. Что является определяющим фактором улучшения уровня ударной вязкости и доли вязкой составляющей, загрязнённость неметаллическими включениями (оксиды, сульфиды и оксисульфиды) или режим термической обработки, определяющий конечную микроструктуру и механические свойства?

2. В работе не рассмотрено влияние паров бария на экологический аспект производства стали.

IX. От ведущего научного сотрудника Филиала АО «Институт Гидропроект» - «НИИЭС» (г. Москва), кандидата технических наук **Бода Константина Юлиевича** поступил отзыв, содержащий следующее замечание:

1. В работе не учтено влияние смещенной схемы модифицирования стали ( $[Ba_{17}Ca_{25}Si_{50}] + [СК-30]$ ), что могло оказать влияние на результаты использования модификатора состава  $Ba_{17}Ca_{25}Si_{50}$ .

X. От заместителя начальника центральной заводской лаборатории по производству и НИР АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады» (г. Волгоград), кандидата технических наук **Титова Константина Евгеньевича** поступил отзыв, содержащий следующее замечание:

1. Из автореферата непонятно, каким образом и в какой степени автор использовал результаты исследования причин затягивания огнеупорной металлопроводки при производстве стали С45Е для оптимизации процесса производства НЛЗ из указанной марки стали.

XI. От специалиста дирекции по исследованиям и разработкам новых продуктов ПАО «НЛМК» (г. Москва), кандидата технических наук **Житенева Андрея Игоревича** поступил отзыв, содержащий следующие замечания:

1. Из пункта научной новизны 1 не понятно, в чём именно дискретность воздействия бария на формирование НВ.

2. Пункт научной новизны 3 сформулирован не корректно. Написано, что обработка модификатором позволяет снизить температуру плавления НВ всех типов — видимо, речь идёт о преимущественном образовании НВ с более низкой температурой плавления.

3. Автор рассматривает проблемы комплексного раскисления и модифицирования, но не применяет термодинамическое моделирование.

4. Автор не аккуратно использует термины и обозначения. Например, на с. 5 автореферата в начале страницы использовано « $mBaO \times nAl_2O_3$ », а чуть ниже — « $12CaO \cdot 7Al_2O_3$  (майенит)». Непонятно, почему в первом случае автор не определил

конкретный стехиометрический алюминат бария, а во втором описывает раствор стехиометрией. Кроме того, автор активно применяет названия оксидов, заимствованные из петрографии, что не всегда корректно.

XII. От начальника отдела по разработке моделей металлургических процессов ПАО «Трубная металлургическая компания» (г. Москва), кандидата технических наук **Сафронова Александра Афанасьевича** поступил отзыв, содержащий следующие замечания:

1. Автором не раскрыта степень разработанности темы представителями ведущих научных металлургических школ.

2. На стр. 13 и 14, при рассмотрении механизма модифицирования неметаллических включений при применении проволоки марки Ba17Ca9Si50, отмечен факт не полного модифицирования тугоплавких неметаллических включений и их доля в затвердевшей заготовке может достигать 40%, что диссертант обуславливает недостаточным содержанием кальция в составе модификатора. При этом им не рассматривается возможность увеличения объёма присадки модификатора и увеличения за счёт этого содержания кальция. И, соответственно, достижения более полного модифицирования тугоплавких неметаллических включений.

XIII. От заместителя главного инженера – начальника технического управления Филиала ПАО «ТМК» Волжский трубный завод (г. Волжский), кандидата технических наук **Чубукова Михаила Юрьевича** поступил отзыв, не содержащий замечания.

XIV. От начальника технологического управления АО «Корпорация «Красный Октябрь» (г. Волгоград) **Гладышевой Ольги Викторовны** поступил отзыв, не содержащий замечания.

*Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием темы диссертационной работы соискателя профилю их научной деятельности и области научных компетенций. Оппоненты и ведущая организация широко известны своими достижениями в данной области науки, имеют*

публикации по исследованиям, близким к проблеме работы соискателя. Благодаря этому они способны определить научную новизну и практическую ценность диссертации соискателя.

В качестве примера публикаций, близких к тематике работ соискателя можно привести следующие работы:

1. Опыт применения толстостенной кальциевой порошковой проволоки при внепечной обработке стали / М. К. Исаев, В. А. Бигеев, А. Б. Сычков, А. М. Столяров // Чёрная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. — 2021. — Т. 77, № 9. — С. 1020–1023. — DOI 10.32339/0135-5910-2021-9-1020-1023. — EDN WRKVCF.

2. Особенности ковшовой десульфурации при производстве низкосернистой трубной стали / С. Н. Ушаков, В. А. Бигеев, А. М. Столяров [и др.] // Чёрная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. — 2020. — Т. 76, № 7. — С. 716–720. — DOI 10.32339/0135-5910-2020-7-716-720. — EDN VKMJLQ.

3. Бакин И. В., Ковязин И. В., Антипьев А. А., Токарев А. А. Особенности применения модификаторов INSTEEL®. Промышленные испытания // Чёрная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. — 2025. — Т. 81. — № 5. — С. 24–31. — DOI: 10.32339/0135-5910-2025-5-24-31. — EDN: JHKYBX.

4. Макровец Л. А. Диаграммы расхода компонентов при раскислении стали сплавами Y–Si и Y–Al / Л. А. Макровец, И. В. Бакин // Чёрная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. — 2025. — Т. 81. — № 1. — С. 18–30. — DOI: 10.32339/0135-5910-2025-1-18-29. — EDN: RSPWXA.

5. Бакин И.В., Шаповалов А.Н., Каляскин А.В., Кузнецов М.С. Влияние бария и стронция на степень усвоения кальция при внепечной обработке стали комплексными модификаторами с щёлочноземельными металлами // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. — 2023. — Т. 66, № 1. — С. 97–104. — DOI 10.17073/0368-0797-2023-1-97-104. — EDN SCGUMA.

6. Бакин И.В., Рябчиков И.В., Мизин В.Г. [и др.] О совместном раскислении и рафинировании стали комплексными сплавами // Сталь. – 2023. – № 9. – С. 7–11. – EDN XKQDEF.

7. Ботников С.А., Макровец Л.А., Бакин И.В., Михайлов Г.Г. Фазовые равновесия при обработке алюминием и кальцием экономнолегированной марганецсодержащей стали в агрегатах, футерованных огнеупорами на основе магнезита // Чёрная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2023. – Т. 79, № 3. – С. 220–230. – DOI 10.32339/0135-5910-2023-3-220-230. – EDN QKIVEM.

8. Макровец Л. А., Бакин И.В. Термодинамические исследования процесса раскисления стали кальцием и барием // Чёрная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2023. – Т. 79, № 6. – С. 465–475. – DOI 10.32339/0135-5910-2023-6-465-475. – EDN DENHVT.

9. Куницын Г.А., Кузнецов М.С., Шаповалов А.Н., Бакин И.В. Применение комплексных модификаторов при производстве стали с повышенными требованиями по неметаллическим включениям // Чёрные металлы. – 2022. – № 5. – С. 9–15. – DOI 10.17580/chm.2022.05.02. – EDN ANUDCW.

10. Михайлов Г.Г., Макровец Л.А., Бакин И.В. Фазовые равновесия в системе Fe–Sr–Ba–O–C // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 5–12. – DOI 10.14529/met210301. – EDN VMTOAT.

11. Моделирование влияния вибрационного воздействия на зарастание канала защитной огнеупорной трубы при истечении стали в промежуточный ковш / Еронец С.П., Горбатюк С.М., Кобелев О.А., Погорелов И.С., Белелюбский Б.Ф. // Металлург. — 2024. — № 10. — С. 110–114. — DOI 10.52351/00260827\_2024\_10\_110. — EDN WVQRZV.

*Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:*

– *показано*, что использование модификатора типа СК-30 при внепечной

обработке стали с нормированным содержанием серы может приводить к нарушению протекания процесса разлива непрерывнолитых заготовок, что связано с выделением и отложением на сталеразливочных каналах тугоплавких неметаллических включений сульфидов кальция и алюминатов кальция, а использование данного модификатора при производстве качественных сталей может приводить к увеличению ее загрязненности неметаллическими включениями;

– *установлено*, что при модифицировании расплава барий и кальцийсодержащими материалами процесс изменения морфологии НВ протекает по дискретному механизму, в ходе которого вокруг включения послойно формируются оболочки, содержащие оксиды бария и кальция;

– *установлено*, что использование модификатора состава Са – 18-35 масс. %, Ва – 13-20 масс. %, Si – 35-45 масс. % наиболее эффективно в промышленном производстве, т.к. при его использовании достигается увеличение доли легкоплавких НВ в стали;

– *установлено*, что использование бария в составе модификатора обеспечивает более равномерное распределение по сечению непрерывнолитой заготовки комплексных оксисульфидных включений на основе тугоплавких алюминатов кальция;

– *разработана* технология модифицирования неметаллических включений в расплаве стали с нормированным содержанием серы, позволяющая сократить удельные затраты на производство НЛЗ;

– *получен* акт внедрения по результатам работ.

#### ***Теоретическая значимость исследования:***

– методами оптической, электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа *определено* влияние химического состава двух (Са, Si) и трехкомпонентных (Ва, Са, Si) модификаторов на изменение фазового состава и морфологии неметаллических включений в качественных сталях и в сталях с нормированным содержанием серы;

– *установлено* дискретное воздействие бария на формирование и фазовый состав включений, заключающееся в том, что на начальном этапе процесса модифицирования на включениях выделяются оксиды с барием и в результате быстрого окисления бария, активным модификатором в расплаве остается кальций, расходующийся на образование поверхностных оксидных пленок на модифицируемых неметаллических включениях;

– *установлено* влияние комплексных барий и кальцийсодержащих модификаторов на получение мелких, в среднем до 2 мкм, оксидных и окисульфидных НВ за счет большей модифицирующей способности бария по сравнению с кальцием;

– *показана* возможность снижения общей загрязненности углеродистой стали неметаллическими включениями при обработке расплава комплексным барий и кальцийсодержащим модификатором;

– *установлено*, что использование бария в составе модификатора обеспечивает более равномерное распределение по сечению непрерывнолитой заготовки оксидных, сульфидных и комплексных окисульфидных неметаллических включений.

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

– *показано*, что обработка расплава широко распространенными модификаторами типа СК-30 приводит:

- к ухудшению разливаемости серосодержащих марок стали, обладающих низкой температурой ликвидус. Ухудшение разливаемости связано с отложением на стенках сталеразливочных стаканов тугоплавких НВ типа алюминатов кальция  $m\text{CaO} \times n\text{Al}_2\text{O}_3$  в оболочке CaS и чистых сульфидов CaS, образующихся на этапе модифицирования расплава, а также магниевых шпинелей  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ;

- к увеличению среднего размера неметаллических включений и образованию их крупных скоплений, снижающих ударную вязкость металла труб в сравнении с использованием комплексного барий и кальцийсодержащего модификатора;

– *разработан* способ модифицирования стали, заключающийся в двухступенчатом вводе модифицирующей проволоки с комплексным смесевым наполнителем  $Ba_{16}Ca_{25}Si_{40}$  в предварительно раскисленный металл (Патент РФ № 2828048 от 07.10.2024);

– результаты, представленные в диссертационной работе, *внедрены* в технологию производства стали с нормированным содержанием серы в электросталеплавильном цехе Филиала ПАО «ТМК» Волжский трубный завод, что подтверждено актом о внедрении результатов НИР;

– *достигнуто* снижение доли образования технологических отходов при производстве непрерывнолитой заготовки из стали С45Е в 2,8 раза, фактический экономический эффект составляет порядка 28,3 млн. руб.;

– результаты исследовательской работы могут быть *тиражированы* на производство раскисляемых алюминием серосодержащих марок стали различной степени легирования ввиду более качественного воздействия модификатора с барием на морфологию и размер оксидных НВ.

**Оценка достоверности результатов.** Достоверность обеспечивается использованием аттестованного оборудования, применением современных методов обработки данных, соответствием полученных результатов известным теоретическим закономерностям и данным других исследователей по изучаемой тематике;

– *проведены* опытные лабораторные и промышленные плавки с использованием комплексных барий и кальцийсодержащих модификаторов;

– проведено сопоставление результатов исследования НВ в сталях, модифицированных двухкомпонентным кальцийсодержащим модификатором и модифицированных комплексным барий и кальцийсодержащими модификаторами;

– *теория построена* на данных, полученных с использованием известных и многократно апробированных методиках, широко представленных в научной литературе;

– *идеи разработки базируются* на анализе полученных экспериментальных

данных и теоретических исследований, представленных в научной литературе и обобщенном передовом промышленном опыте;

– *использовано* сравнение полученных автором результатов, с данными из отечественных и зарубежных источников;

– *установлено*, что полученные данные, выводы и рекомендации согласуются с результатами, приведенными в независимых источниках.

***Личный вклад соискателя состоит*** в том, что автор принимал непосредственное участие в научно-теоретическом обосновании, формировании цели и направления исследований, постановке задач, разработке и осуществлении лабораторных плавов, планировании и сопровождении производства промышленных плавов, исследовании образцов стали, анализе и обработке результатов; написании научных публикаций по теме диссертации; инициировании выступлений с докладами и апробации результатов исследований на научно-практических конференциях, подготовке текста диссертации.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, основной идейной линией и взаимосвязью выводов с целью работы. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 2.6.2. **Металлургия чёрных, цветных и редких металлов:**

11. **Металлургические системы и коллективное поведение в них различных элементов;**

17. **Пирометаллургические процессы и агрегаты;**

18. **Электро- и спецэлектрометаллургические процессы и агрегаты;**

21. **Внепечная обработка металлов;**

22. **Разливка продуктов плавки и методы непрерывной разливки;**

23. **Материало- и энергосбережение при получении металлов и сплавов;**

25. **Производство особо чистых металлов и сплавов.**

В ходе защиты были высказаны критические замечания и заданы вопросы, касающиеся воздействия бария и кальция, входящих в состав модификатора, на

формирование и фазовый состав неметаллических включений. Какие доказательства подтверждают предположение о том, что при совместном использовании бария и кальция в химическом составе модификатора, изменение фазового состава неметаллического включения происходит по дискретному механизму? За счёт чего достигается эффект более равномерного распределения неметаллических включений по сечению НЛЗ при обработке расплава барий и кальцийсодержащим модификатором?

Соискатель Никитин Макс Станиславович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и аргументировано пояснил, что выводы о дискретном воздействии бария и кальция на фазовый состав неметаллических включений сделаны по данным карт распределения химических элементов во включениях, полученных в ходе применения микрорентгеноспектрального анализа. На основании полученных изображений было установлено, что барий, как элемент, обладающий высоким сродством к кислороду, может первым образовывать оксиды типа  $m\text{BaO} \times n\text{Al}_2\text{O}_3$  на поверхности подложек в виде корунда или магнезиальной шпинели. Ввиду высокой скорости протекания процесса, выделение оксидов бария происходит практически параллельно с образованием алюминатов кальция типа  $m\text{CaO} \times n\text{Al}_2\text{O}_3$ , и далее, по мере полного расходования Ba, активным модификатором в расплаве остается Ca, который расходуется на образование алюминатов кальция типа  $m\text{CaO} \times n\text{Al}_2\text{O}_3$ . Также соискатель пояснил, что более равномерное распределение включений по сечению НЛЗ при использовании барий и кальцийсодержащего модификатора объясняется минимизацией попадания первичных и вторичных включений, оседающих на огнеупорной металлопроводке МНЛЗ, которые могут отрываться от формирующихся в процессе разлива стали отложений и попадать в НЛЗ.

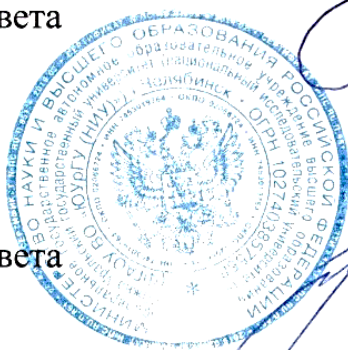
На заседании 20.05.2026 г. диссертационный совет принял решение: диссертационная работа Никитина М.С. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится научно обоснованные

технологические решения по повышению производства марок стали с нормированным содержанием серы, а также по повышению чистоты раскисленных алюминием трубных сталей за счет использования комплексного барий и кальций содержащего модификатора, используемого при внепечной обработке стали, что имеет важное значение для металлургической отрасли и вносит существенный вклад в развитие экономики Российской Федерации; соискатель Никитин Макс Станиславович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 18, против – 0.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Чуманов Илья  
Валерьевич

Шабурова Наталия  
Александровна

20.05.2026 г.