

ЗАКЛЮЧЕНИЕ диссертационного совета Д 002.060.03

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова

Российской академии наук (ИМЕТ РАН)

по диссертации Шибяевой Татьяны Владимировны
на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № 9

Решение диссертационного совета от 28.06.2018 протокол № 3-18

О присуждении Шибяевой Татьяне Владимировне, гражданке РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация Шибяевой Т.В. на тему «Исследование формирования неметаллических включений при внепечной обработке трубных сталей и разработка методик контроля их чистоты и коррозионного поведения» в виде рукописи по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов» принята к защите 19 апреля 2018 года, протокол № 2-18 диссертационным советом Д 002.060.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук по адресу: 119334, г. Москва, Ленинский проспект, д.49.

Соискатель, Шибяева Татьяна Владимировна, 1980 года рождения, в 2003 году окончила Московский государственный институт стали и сплавов по специальности «Металлургия черных металлов». В настоящее время является младшим научным сотрудником лаборатории № 17 «Диагностики материалов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук. В 2010 году начала работу над диссертацией, как соискатель в ИМЕТ РАН по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Диссертация выполнена в лаборатории № 17 «Диагностики материалов» ИМЕТ РАН.

Научный руководитель: заведующий лабораторией №17 ИМЕТ РАН, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН Григорович Константин Всеволодович.

Официальные оппоненты:

Шешуков Олег Юрьевич, гражданство РФ, доктор технических наук, профессор, Директор Института новых материалов и технологий УрФУ, адрес: 620002 Екатеринбург, ул. Мира, дом 19; e-mail: o.j.sheshukov@urfu.ru

Амежнов Андрей Владимирович, гражданство РФ, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина», адрес: 105005 Москва, Ул. Радио 23/9, стр.2; e-mail: amejnov@mail.ru

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **Государственный научный центр Российской Федерации Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ»)**, адрес 115088, Москва, Шарикоподшипниковская, 4. В своем положительном заключении о диссертации, составленным и подписанным председателем НТС ИМиМ, д.т.н., профессором Дубом Владимиром Семеновичем и ведущим научным сотрудником, к.т.н. Сафроновым Александром Афанасьевичем и утвержденном заместителем Генерального директора ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» д.т.н., профессором Косыревым Константином Львовичем; указала, что диссертационная работа по актуальности темы, научной новизне, практической значимости, содержанию и объему проведенных исследований **отвечает требованиям** “Положения о присуждении ученых степеней” ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Ведущая организация делает соискателю следующие замечания:

1. В литературном обзоре много внимания уделено аспектам, выходящим за тему и предмет диссертации, при этом предмету исследования, а именно: исследованию формирования неметаллических включений при внепечной обработке трубных марок сталей уделено всего несколько страниц в диссертации и ни одного абзаца – в автореферате. Отсутствует рассмотрение и учет такого важного требования потребителей (ПАО «Роснефть»), как величина соотношения Ca/S. Отсутствует (за единичным исключением) анализ требований НТД (ТУ, стандартов), предъявляемых потребителями к качеству трубных сталей. Обзор технологий внепечной обработки трубных сталей также далеко не полный. Поэтому вывод о том, что в условиях промышленного производства необходима только корректировка технологий внепечной обработки (никак не затрагивая направления и возможности оптимизации требований ТУ и ГОСТов к ним) является неполным и недостаточно убедительным.

2. Химический состав сравниваемых марок стали (приложение 1 диссертации и таблица 1 автореферата) не содержит сведений о содержании в металле кальция, величины соотношения Ca/S. С учетом того, что данные характеристики являются обязательными в европейских и американских стандартах на трубы, включены в ТУ и Критерии качества

промышленных трубопроводов ПАО «Роснефть», их игнорирование в диссертационной работе – не понятно.

3. Согласно результатам определения содержания кислорода общего (рис.14 и приложение 2 диссертации, рис.1 автореферата), оно находится в пределах от 9,2 до 19,6 ppm для металла труб из низкоуглеродистых марок стали, рассматриваемых в работе. Согласно результатов фракционного газового анализа (ФГА), средние содержания кислорода в оксидах стали марки 20КТ разных плавов находятся в пределах 2,8 – 24,9 ppm, причем в 8 из 21 рассматриваемых плавов содержание общего кислорода в металле менее 5 ppm, что значительно ниже результатов, известных из практики определения содержания кислорода в низкоуглеродистом глубоко раскисленном металле.

4. Вывод об экспериментальном установлении отрицательного влияния оксидных включений, в том числе КАНВ на коррозионное поведение стали 20КТ приводимые автором данные (таблица 17 диссертации, таблица 2 автореферата) – не подтверждают: при уровне КАНВ 0,8; 8; 13 скорость коррозии составила 0,22; 0,21; 0,28 мм/год соответственно.

5. В тексте диссертации содержатся опечатки и ошибки, например: «Анализ табл.21 показал, что наибольшее количество кальция может поступить в процессе вакуумирования при восстановлении СаО углеродом. Табл.21 Источники поступления кальция в сталь при внепечной обработке:

- восстановление СаО углеродом из шлака – $10 \cdot 10^{-4}$ %
- восстановление СаО алюминием из шлака – $4,6 \cdot 10^{-4}$ %
- восстановление СаО кремнием из шлака – $0,33 \cdot 10^{-4}$ %»

Ведущая организация отмечает, что сделанные замечания не снижают положительной оценки диссертации.

Официальными оппонентами были сделаны следующие замечания:

д.т.н., профессором **Шешуковым Олегом Юрьевичем:**

1. По научной новизне. Думаю, что следует ограничиться представлением научной новизны, представленной в данном отзыве.

2. По оформлению. Не выполнены требования ГОСТ по оформлению диссертационных работ, а именно:

- в названиях разделов не должен использоваться жирный шрифт;
- нумерация рисунков, таблиц и формул должна соответствовать разделу, т.е. не «таблица 1», а «таблица 1.1» и т.д.;
- нет единообразия в оформлении символов, а именно, например, «за счет уменьшения содержания углерода до 0.08-0.12 %», либо «до 0.007%». Или "Нефтяная и газовая

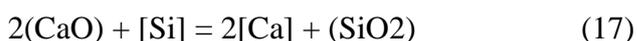
промышленность. Трубы стальные для систем трубопроводного транспорта", либо «Specification for Line Pipe»;

- автор указывает, что «Основные материалы диссертации опубликованы в 11 печатных работах, в том числе 8 в журналах, рекомендованных ВАК РФ», и данные работы представлены в автореферате, однако в диссертационной работе представлено только две работы, причем 1 из них представлена в аналитическом обзоре.

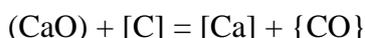
3. По главе 2. На стр. 56 автор описывает исследуемые образцы трубной стали: «Образцы труб были отобраны от магистральных трубопроводов после эксплуатации в течение 8-23 лет. Образцы стали 20КТ отобраны от новой трубы». Вряд ли в данное время возможно сравнивать указанные образцы.

4. По главе 4.

4.1. На стр. 97-98 Автор утверждает, что «Восстановление CaO из шлака с последующим переходом кальция в расплав термодинамически возможно алюминием, кремнием и углеродом по следующим реакциям:



Хочу мягко заметить, что термодинамически возможно протекание только одной реакции и только при достаточной температуре:



Необходимо дать объяснения по данному вопросу, а именно либо дать ссылку на литературный источник, либо привести собственные расчеты констант равновесия реакций.

4.2. На стр. 102 в таблице 22, необходимо пояснить, что означают прочерки в таблице?

4.3. На стр. 101-103 автором проведено сопоставление количества оксидных включений третьей группы ((Ca,Mg)_xO_y*Al₂O₃), полученные методами ФГА и оптической металлографии определения КАНВ, разработанной сотрудниками ЦНИИчермет. По моему мнению, данные сложно сопоставлять, т.к. одни данные представлены в таблице 22, а другие на рисунке 34. Необходимо дать пояснения.

4.4. В выводах к главе 4 автор отмечает, что «Было установлено, что продолжительность очистительной продувки аргоном после ввода в расплав порошковой силикокальциевой проволоки и процессы вторичного окисления металла являются основными факторами, определяющими загрязненность стали включениями, в том числе коррозионно-активными.». Вывод, кажется не совсем правомерным, т.к. автор не учитывает тот факт, что после проведения всех рафинировочных операций, не следует вводить в металл, загрязненный оксидами и газами ферросплав. Это же замечание можно отнести и к общим выводам по работе.

к.т.н. Амежновым Андреем Владимировичем:

1. Стр. 10, некорректно соотнесены классы прочностей «К» и «Х». Так автор утверждает: «Согласно таблиц 1 и 2 классы прочности российского и американского стандартов соотносятся следующим образом: К52 (Х56), К56 (Х65), К60 (Х70), К65 (Х80).» Однако из таблиц 1 и 2 следует, что класс прочности К52 по значениям временного сопротивления ближе к классу прочности Х60, класс прочности К56 и К65 и вовсе отсутствуют в таблице.

2. Стр. 27, здесь и далее на протяжении всей диссертационной работы, в том числе в выводах к отдельным главам и общих выводах к работе, некорректное обозначение методики контроля КАНВ, как методики ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина» (методика ЦНИИчермет). По всей видимости речь идет о контроле коррозионно-активных неметаллических включений по методике ОАО «Северсталь» и института НИФХИ им. Л.Я.Карпова: «Методика оценки степени загрязненности. коррозионно-активными неметаллическими. включениями». Указанная методика была разработана при участии специалистов ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина», однако никогда не принадлежала ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина».

3. На стр. 37 вероятно допущена ошибка: реакция (4) не отличается от реакции (5).

4. На стр. 56, рис. 4 б, приведен пример результата ФГА анализа по определению типа оксидных включений в зависимости от характеристических температур для каждого оксида, однако современная технология обработки жидкой стали характеризуется многообразием присадочных материалов, вводимых в сталь с целью как модификации неметаллических включений, так и улучшение качественных характеристик сталей, в частности помимо традиционных кальцийсодержащих материалов, широко применяются материалы содержащие РЗМ и цирконий, которые также участвуют в образовании комплексных оксидных неметаллических включений. Отдельно стоит отметить, что современная металлургия, особенно электросталеплавильное производство, характеризуется использованием в качестве основного шихтового материала лома, который зачастую загрязнен такими примесями, как свинец, олово, сурьма и др. Указанные примеси также могут входить в состав оксидов, изменяя при этом их термодинамические характеристики, в том числе температуры начала плавления. В связи с этим возникает вопрос, имеются ли в используемом программном обеспечении «OxSeP» данные по оксидам более сложного состава? Есть ли границы применимости указанной программы? Кроме того, из рис 4б видно, что температурные значения для большей части оксидов перекрываются, так практически для всех представленных вариантов оксидов температура начала растворения следующего меньше, чем температура окончания растворения предыдущего оксида. В связи с чем возникает вопрос корректности отнесения тех или иных пиков к определенному виду оксида.

5. На стр. 58, таблица 5, не даны пояснения к отнесению сталей к разным поколениям. Так, к примеру, стали марок 19Г, 17Г1С и 17ГСФ характеризуются одинаковыми технологиями

производства, однако первые две стали отнесены к условно первому поколению, а сталь марки 17ГСФ отнесена к стали условно второго поколения.

6. К недостаткам работы следует отнести отсутствие подтверждения адекватности разработанной методики результатами натуральных испытаний или данными о реальном сроке эксплуатации.

7. В тексте главы 3 и выводах к ней (вывод 3), автор пишет, что «Установлено более отрицательное влияние сульфидных включений по сравнению с оксидными на коррозионную стойкость сталей». Данный вывод основан на определении тока коррозии металла в области активного анодного растворения, характеризующего начальную стадию растворения, и является не подтвержденным и противоречащим литературному обзору и реальной ситуации. Известно, что большая часть труб произведенных в 70-80-е годы и ранее, характеризовались повышенным содержанием серы (от 0,035 до 0,040% масс.), при этом часть из них эксплуатируется по сей день, а у большей части из них срок эксплуатации составлял 30 лет и более.

8. На стр. 101 приведен рис 32, диаграмма содержания кислорода, в том числе в оксидных включениях, однако не понятно с чем связана столь значимая разница (более чем в 2 раза) по содержанию включений, отнесенных по результатам ФГА к Al_2O_3 для вариантов сталей №2 и №5 при том, что технология производства указанных сталей не отличалась, кроме того, согласно Приложению 1 химический состав указанных сталей характеризуется примерно равным содержанием алюминия (для образца 2 – 0,015% масс, для образца №5 – 0,014% масс.).

9. Термодинамический расчет количества восстановленного кальция из шлака (раздел 4.2, стр. 97-99) представлен очень кратко, в результате чего возникает ряд вопросов:

9.1 Приводятся формулы для равновесного состояния реакций восстановления CaO из шлака и последующий расчет, однако сами методики не приводятся, отсутствует баланс масс;

9.2 Для реакций (16)-(18) автор приводит значения ΔG_0 , однако не дает ссылку на источник;

9.3 Непонятно каким образом определялись активности компонентов шлаковой смеси, в том числе CaO .

10. В Приложении 1, химический состав сталей, не указана размерность представленных величин. Также отсутствуют данные по определению содержания кальция, с учетом того, что автором количественно оцениваются кальций-содержащие неметаллические включения, в том числе предлагаемым методом ФГА для оценки загрязненности сталей неметаллическими включениями, а часть сталей обрабатывалась кальций-содержащими присадками (10Г2ФБЮ, 13Г1С-У) и силикокальцием марки СК30.

Официальные оппоненты отмечают, что приведенные замечания являются дискуссионными и не снижают **положительную оценку и высокую значимость** выполненных исследований.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетенцией, наличием публикаций и достижений в области металлургии стали и способностью определить научную и практическую значимость представленной диссертационной работы.

На автореферат поступило **11** отзывов. Все отзывы положительные, в некоторых имеются замечания и рекомендации.

Отзыв главного научного сотрудника Института металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, д.т.н. **Жучкова Владимира Ивановича**, главного научного сотрудника Института металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, д.т.н. **Бабенко Анатолия Алексеевича**.

1. На стр. 8 соискатель указывает, что в сталях, раскисленных алюминием, наряду с сульфидами, силикатами и алюминатами, встречаются нитриды титана. Не совсем понятно, откуда берутся нитриды титана если в рассматриваемых марках стали отсутствует титан (см. табл. 1)?
2. Из приведенных в автореферате данных(стр.8,9 и 10) не понятно, соискатель рассматривает два (алюминий; алюминий + кремний) или три (алюминий; алюминий + кремний и алюминий +кальций) варианта раскисления исследуемых марок трубной стали?
3. На стр. 15 соискатель ссылается на исследование влияния микроструктуры на коррозионное поведение образцов стали 20КТ, отобранных от литой заготовки, от готовой трубы и модельного сплава. Однако на рис. 5 нет данных, характеризующих микроструктуру модельного образца, и нет данных о полном его химическом составе. Почему?

Отзыв старшего научного сотрудника, заместителя директора Центра физической химии, материаловедения, биметаллов и специальных видов коррозии Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина», г. Москва, д.т.н. **Родионовой Ирины Гавриловны**

К недостатку работы следует отнести отсутствие проверки соответствия результатов оценки коррозионной стойкости по разработанной методике результатам реальных промышленных испытаний.

Отзыв научного руководителя Инженерно-технологического центра "Выксунского металлургического завода", г. Выкса, д.т.н. **Эфрона Леонида Иосифовича**.

1. Хотелось бы получить пояснения механизма, обнаруженного автором явления ускорения коррозионных процессов с повышением дисперсности структуры стали
2. Хотелось бы также получить пояснения по оценке представительности методов: в соответствии с НТД на прокат металлографическую оценку КАНВ проводят на 6 образцах от плавки, эти образцы длиной минимум 20 мм и на полную толщину, таким образом, при толщине проката 6 мм анализируется поверхность 720 мм², а не 5 мм²
3. Делались ли попытки определить скорость локальной коррозии на образцах, испытанных электрохимическим методом? Ведь именно локальная, а не общая коррозия является причиной выхода трубопровода из строя и КАНВ как раз и являются причиной появления локальной коррозии.

Отзыв заместителя руководителя эксперто-технического центра ООО «Центр Экспертизы Трубопроводных Систем и инжиниринга», г. Москва, д.т.н. **Настича Сергея Юрьевича**

1. Было бы полезно представить в табличном виде результаты оценки загрязненности сталей, использованных в исследовании главы 2 (19Г ... 20КТ), по баллу и размерам, поскольку только по описанию сложно оценить уровень загрязненности (стр. 8-9).
2. Следовало бы указать в тексте тип КАНВ, поскольку они различаются по составу и используемым для их выявления реактивам (дано только в подрисуночной подписи рис. 11).
3. Требуется пояснения отсутствие в тексте при обсуждении выявленного усиления коррозионных процессов в стали при измельчении структуры (стр. 15) упоминания стали с бейнитной структурой (труба), хотя для стали с бейнитной структурой, которая была самой мелкой (рис. 5), была получена самая низкая скорость коррозии (табл. 4).

Отзыв начальника лаборатории исследования процессов коррозионного растрескивания под напряжением Центра технологий строительства, ремонта и защиты от коррозии ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва, кандидата технических наук **Ряховских Ильи Викторовича**

1. Автором оставлен без должного внимания анализ механических свойств исследуемых сталей в зависимости от их химического состава и структурных характеристик, что не в полной мере позволяет оценить эффект от внедрения полученных результатов при производстве нефтепромысловых труб, эксплуатирующийся в условиях крайнего севера;
2. Отсутствие промышленных испытаний с целью сравнения коррозионной стойкости стали 20КТ с результатами, полученными по разработанной методике;
3. Неверно указанный диапазон скоростей коррозии в стали 20КТ на стр. 17 автореферата.

Отзыв профессора кафедры технологии металлургии и литейных процессов Института металлургии, машиностроения и материаловедения Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», д.т.н., **Бигеева Вахита Абдрашитовича**

1. Недостаточная информативность автореферата: отсутствие данных об условиях производства трубной стали марки 20КТ в ОАО «Волжский трубный завод»: вместимость и характеристика агрегатов, описание технологии, расходы материалов.
2. Не ясно как количественно изменилось содержание неметаллических включений в металле в результате усовершенствования технологии ковшевой обработки стали.

Отзыв заместителя директора Института металлургии, машиностроения и транспорта Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», доцент кафедры «Металлургические и литейные технологии», к.т.н. **Ковалева Павла Валерьевича**

1. На с.14 автореферата написано, что в модельном сплаве с высоким содержанием серы скорость коррозии значительно выше, чем в стали с низким содержанием серы. Однако не описан механизм влияния серы на коррозионную стойкость.
2. На с.20 на рис. 10 приведены результаты определения газов и неметаллических включений в опытных трубных сталях. Помимо прочего, при отказе или минимизации использования силикокальция авторы установили значительное снижение общего содержания азота в готовом металле. Автор не объясняет, с чем это может быть связано.

Отзыв Генерального директора ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», д.т.н. **Пышминцева Игоря Юрьевича**

В методической части автореферата не прослеживается четкое определение, по каким признакам исследованные стали были разделены на три поколения. В выводе 2 говорится только о двух группах сталей, различающихся по типу характерных неметаллических включений.

Отзыв профессора кафедры «Технологические машины и оборудования», д.т.н. **Ванюковой Наталии Дмитриевны** и проректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт», д.т.н., профессора **Воскресенца Александра Степановича**

1. В положениях научной новизны следовало бы указать степень новизны полученных результатов (получены впервые или получили дальнейшее развитие)
2. По первому и второму пункту научной новизны (стр. 4-5): положениями научной новизны должны быть полученные с применением разработанной методики конкретные научные результаты

3. При анализе литературных данных (стр. 7) не указаны ученые, научные школы и их вклад в развитие изучаемого в диссертационной работе направления.

В отзывах главного научного сотрудника Государственного научного центра Российской Федерации Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения», к.т.н. **Хариной Ирины Лазаревны** и заведующего лабораторией коррозионных испытаний Государственного научного центра Российской Федерации Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения», к.х.н. **Сафонова Ивана Александровича** замечания отсутствуют.

На все критические замечания даны исчерпывающие и подробные ответы (см. стенограмму).

Соискатель имеет 11 печатных работ по теме диссертационной работы, в том числе опубликовано 8 статьи в журналах из перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК РФ. Опубликованные работы в достаточной степени отражают содержание диссертации.

Наиболее значимые публикации по теме диссертационной работы:

1. Белеевский В.С., Конев К.А., Бирюков А.В., Куделин Ю.И., Сергеева Т.К., Шibaева Т.В., Волчанин А.В., Любомудров А.И. О коррозионно-электрохимических измерениях в пробах природных, технологических вод и почвогрунтов на потенциостатах с автоматической IR компенсацией // Коррозия: материалы, защита. 2007, № 11, с. 43-48.

2. Григорович К.В., Шibaева Т.В., Арсенкин А.М. Влияние технологии раскисления трубных сталей на состав и количество неметаллических включений // Металлы. 2011, № 5, с. 164-170.

3. Shibaeva T.V., Laurinavichyute V.K., Tsirlina G.A., Arsenkin A.M., Grigorovich K.V. The effect of microstructure and non-metallic inclusions on corrosion behavior of low carbon steel in chloride containing solutions // Corrosion Science. 80, 2014, p. 299-308.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработана методика контроля чистоты трубных сталей по оксидным неметаллическим включениям, в том числе коррозионно-активным, с применением метода фракционного газового анализа, позволяющим количественно определять коррозионно-активные неметаллические включения (КАНВ) в трубных сталях.

2. С применением методов фракционного газового анализа, оптической и растровой электронной микроскопии проведена оценка влияния технологии производства трубных сталей

19Г, 17ГС, 17ГСФ, 10Г2ФБЮ, 13Г1С-У и 20КТ на чистоту по оксидным неметаллическим включениям. Показано, что основными типами неметаллических включений в сталях 19Г, 17ГС и 17ГСФ являются включения силикатов и алюминатов. В сталях 10Г2ФБЮ, 13Г1С-У и 20КТ основными типами включений являются включения алюминатов содержащих кальций, а также магниевая шпинель.

3. Разработана методика оценки коррозионного поведения трубных сталей методом циклической вольтамперометрии в хлоридсодержащих водных растворах. Методическими экспериментами установлены оптимальные режимы проведения измерений.

4. Экспериментально установлено отрицательное влияние оксидных включений, в том числе КАНВ, и сульфидных включений на коррозионное поведение стали 20КТ. Получено, что повышение количества включений приводит к увеличению токов коррозии металла в области активного анодного растворения образцов стали, характеризующей начальную стадию растворения, и минимальных плотностей токов в области пассивности. Установлено отрицательное влияние сульфидных включений на коррозионную стойкость сталей.

5. Показано, что предельному нормативному количеству КАНВ (в соответствии с методикой ЦНИИЧермет) в исследуемых образцах стали 20КТ (< 2 шт/мм²) соответствует объемная доля оксидных включений третьей группы ((Ca,Mg)_xO_y*Al₂O₃), полученная методом ФГА, $(0.2-1.3) \cdot 10^{-5}$ (0.2-2.2 ppm кислорода).

6. С использованием результатов анализа образцов, отобранных от промышленных плавков стали 20КТ, проведён анализ технологий ковшевой обработки стали 20КТ на ОАО «Волжский трубный завод». Было установлено, что продолжительность очистительной продувки аргоном после ввода в расплав порошковой силикокальциевой проволоки и процессы вторичного окисления металла являются основными факторами определяющими загрязненность стали неметаллическими включениями, в том числе коррозионно-активными.

8. На основе полученных в работе результатов была проведена коррекция технологии внепечной обработки, что позволило повысить чистоту трубного металла по неметаллическим включениям.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: установлено влияние типов микроструктур на коррозионное поведение стали 20КТ. Обнаружено увеличение скоростей коррозии в области активного анодного растворения и плотностей тока в пассивной области (i_{min}) с измельчением структуры. Показано, что токи коррозии увеличиваются в ряду микроструктур: бейнитная → литая видманштеттова (феррито-перлитная) → феррито-перлитная → мартенситная.

Показано, что при увеличении содержания сульфидных включений в металле усиливается эффект влияния микроструктур на коррозионное поведение сталей в ряду литая видманштеттова → мартенситная на токи коррозии при тех же условиях.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: была разработана методика контроля чистоты трубных сталей по оксидным неметаллическим включениям, в том числе коррозионно-активным, с применением метода фракционного газового анализа; была разработана методика оценки коррозионного поведения трубных сталей методом циклической вольтамперометрии в хлоридсодержащих водных растворах; была скорректирована технология внепечной обработки трубной стали 20КТ на ОАО «Волжский трубный завод», позволившая снизить загрязненность металла неметаллическими включениями, что подтверждено справкой об использовании результатов на ОАО «ВТЗ».

Оценка достоверности полученных результатов исследования выявила, что:

- результаты экспериментальных исследований получены автором в результате большого объема проведенных исследований с использованием современных и классических методов и методик. Экспериментальные данные, полученные методом циклической вольтамперометрии хорошо коррелируют с результатами коррозионных испытаний;
- для экспериментальных работ использовали сертифицированное оборудование, современные методы физико-химического анализа: химического, электрохимического, спектрального, оптической и электронной микроскопии.

Личный вклад соискателя состоит в постановке целей и задач исследования, планировании и проведении экспериментов, включая обработку и анализ полученных результатов, обработку исходной информации по литературному обзору, формулирование выводов, рекомендаций и подготовку основных публикаций по выполненной работе, в апробации результатов работы на российских и международных конференциях.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов» в пунктах 2, 12, 14 формулы специальности.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Шибаевой Т.В. представляет собой научно-квалифицированную работу, которая по своему теоретическому, методическому и экспериментальному уровню, представленной научной новизне полученных результатов, теоретической и практической значимости соответствует критериям п.9. «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 28 июня 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Шибаевой Татьяне Владимировне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: **за** присуждение ученой степени - 20, **против** присуждения ученой степени - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного
совета Д 002.060.03, академик

Ю.В. Цветков

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 002.060.03, к.т.н.

Т.Н. Ветчинкина

«28» июня 2018 г.

Подписи Ю.В. Цветкова и Т.Н. Ветчинкиной удостоверяю:

ученый секретарь ИМЕТ РАН

к.т.н.



О.Н. Фомина