

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу Жанболатовой Гайнии Қайырдықызы
«Структурно-фазовые состояния вольфрама в результате карбидизации
в пучково-плазменном разряде», представленную на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 8D05301 – «Физика»

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Диссертационная работа на тему «Структурно-фазовые состояния вольфрама в результате карбидизации в пучково-плазменном разряде» (дата утверждения: Протокол №3 от 24 октября 2019 года) соответствуют приоритетному направлению развития науки «Энергетика и машиностроение», «Энергия, передовые материалы и транспорт».</p> <p>Диссертационная работа Жанболатовой Г.Қ. выполнена в рамках следующих научно-исследовательских проектов, финансируемых Комитетом науки МНВО РК:</p> <p>1. Грантовое финансирование на 2020-2021 гг., (ИРН АР08955992, номер госрегистрации – 0120РК00311), договор №281 от 16.11.2020 г., по теме: «Исследование формирования карбидизированного слоя на поверхности вольфрама при плазменном облучении»;</p> <p>2. Научно-техническая программа «Научно-техническое обеспечение экспериментальных исследований на Казахстанском материаловедческом токамаке КТМ» на 2021-2023 гг. (ИРН BR09158585, номер госрегистрации - 0121РК00701), договор №112 от 14.06.2021 г., по теме 02.01.01. «Изучение физических процессов поверхностной карбидизации вольфрама».</p> <p>Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки на 2024-2026 гг. - «Энергия, передовые материалы и транспорт», утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан 28.09.2023 г.</p>

2.	Важность для науки	Работа вносит /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта /не раскрыта	<p>Диссертационная работа вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта.</p> <p>В работе с целью изучения процесса поверхностной карбидизации при плазменно-поверхностном взаимодействии рассматривается метод карбидизации поверхности вольфрама с применением пучково-плазменного разряда, уникальность которого обусловлена тем, что пучково-плазменный разряд представляется оптимальным способом имитации периферийной плазмы токамаков для предварительного испытания обращенных к плазме конструкционных материалов в хорошо контролируемых условиях.</p>
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет. 	<p>Высоко оценивается уровень самостоятельности диссертанта. В работе приведено большое количество экспериментальных и теоретических результатов, которые были получены при непосредственном и активном участии соискателя.</p> <p>Диссертант самостоятельно решала существенные и конкретные задачи для успешной реализации работы, а также лично представляла свои результаты в виде устных и стендовых докладов на отечественных и международных конференциях.</p> <p>Дополнительным показателем высокого уровня самостоятельности диссертанта является то, что она была ответственным исполнителем проекта по грантовому финансированию по теме «Исследование формирования карбидизированного слоя на поверхности вольфрама при плазменном облучении».</p> <p>Также диссертант имеет публикации в отечественных и зарубежных научных изданиях, где она является первым автором и/или автором корреспондентом:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Жанболатова Ф.К.*, Бакланов В.В., Туленбергенев Т.Р., Миниязов А.Ж., Соколов И.А. Карбидизация поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – № 4. – С.77–81. 2. Zhanbolatova G. K.*, Baklanov V.V., Skakov M.K., Bukina O.S.,

			<p>Kozhahmetov Ye.A., Orazgaliev N.A. Influence of temperature on tungsten carbide formation in a beam plasma discharge // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 2064. – 012055. – https://doi.org/10.1088/1742-6596/2064/1/012055.</p> <p>3. Baklanov V., Zhanbolatova G.*, Skakov M., Miniyazov A., Sokolov I., Tulenbergenov T., Kozhakhmetov Ye., Bukina O., Orazgaliev N. Study of the Temperature Dependence of a Carbided Layer Formation on the Tungsten Surface Under Plasma Irradiation // Materials Research Express. – 2022. – Vol. 9. – 016403. – https://doi.org/10.1088/2053-1591/ac4626.</p> <p>4. Skakov M., Baklanov V., Zhanbolatova G.*, Miniyazov A., Sokolov I., Kozhakhmetov Y., Tulenbergenov T., Mukhamedova N., Bukina O., Gradoboev A. The effect of recrystallization annealing on the tungsten surface carbidization in a beam plasma discharge // AIMS Materials Science. – 2023. – Vol. 10(3). – P. 541–555. https://doi.org/10.3934/matsci.2023030.</p> <p>5. Skakov M.K., Baklanov V.V., Zhanbolatova G.K.*, Miniyazov A.Z., Kozhakhmetov Y.A., Gradoboev A.V. Research of the structural-phase state of tungsten surface layer cross-section after carbidization in a beam-plasma discharge usage electron microscopy methods. – NNC RK Bulletin. – 2023. – № 2. – С.89-96. https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-2-89-96.</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована. 	<p>На сегодняшний день реализуется проект первого в мире международного термоядерного экспериментального реактора ИТЭР. Главная проблема управляемого термоядерного синтеза заключается в выборе конструкционных материалов для будущих термоядерных реакторов, которые должны выдерживать высокие температуры плазмы и потоки частиц. Конструкция и характеристики компонентов, обращенных к плазме, таких как дивертор и панели первой стенки ИТЭР, сильно зависят от выбора подходящих конструкционных материалов, отвечающих установленным требованиям</p> <p>Анализ представленных литературных данных показал, что W, благодаря его физическим и химическим свойствам широко</p>

используется в современных термоядерных установках в качестве материала, обращенного к плазме. Тем не менее, исследования последних лет показали, что использование вольфрама не в полной мере решает проблемы, сопровождающие взаимодействие плазмы с поверхностью дивертора. Вместе с тем, в большинстве термоядерных установках используются либо вольфрамовые покрытия, нанесенные на графит и углеграфитовые материалы, либо графитовые материалы без покрытия, как например в Казахском материаловедческом токамаке КТМ. Наличие в камере установки различных материалов, таких как вольфрам и углерод, будет приводить к образованию смешанных слоев на обращенных к плазме поверхностях в виде карбидов вольфрама, которые могут повлиять на эксплуатационные характеристики материала. Это обстоятельство определяет интерес к продолжению исследования образования карбидов вольфрама при плазменном облучении.

Таким образом, актуальность работы обоснована во введении и первой главе диссертации, где представлен обзор современной научно-технической литературы, на основе которого выявлены и определены направления дальнейших исследований. В этой связи актуальность выполненной автором диссертационной работы не вызывает сомнений.

4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:

- 1) **Отражает;**
- 2) Частично отражает;
- 3) Не отражает.

Проведенные исследования полностью соответствуют заявленной теме диссертационной работы, содержание диссертации полностью отражает ее тему. Диссертация состоит из четырех разделов, заключения и списка литературы.

В первом разделе представлен аналитический обзор литературы, посвященной исследованиям в области взаимодействия плазмы с поверхностью конструктивных материалов для термоядерного реактора. Рассмотрены основные проблемы совместного использования вольфрама и углерода в термоядерных реакторах, физические процессы поверхностной карбидизации при плазменно-поверхностном взаимодействии.

		<p>На основе анализа литературных данных выполнена постановка задач исследования</p> <p>Во втором разделе представлены применяемые экспериментальные оборудования, материалы исследований. Приведено описание методов исследования структурно-фазового состояния поверхности вольфрама.</p> <p>В третьем разделе приведена методика экспериментов по карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде на плазменно-пучковой установке. Описаны физические и химические процессы, происходящие при карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде.</p> <p>В четвертый раздел посвящен исследованию влияния изменений параметров карбидизации вольфрама в пучково-плазменном разряде на структурно-фазовые состояния вольфрама. Установлены основные температурно-временные зависимости карбидизации вольфрама в пучково-плазменном разряде. Изучены и установлены основные закономерности изменений структурно-фазовых состояний поверхности вольфрама в результате карбидизации в пучково-плазменном разряде.</p>	<p>На основе анализа литературных данных выполнена постановка задач исследования</p> <p>Во втором разделе представлены применяемые экспериментальные оборудования, материалы исследований. Приведено описание методов исследования структурно-фазового состояния поверхности вольфрама.</p> <p>В третьем разделе приведена методика экспериментов по карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде на плазменно-пучковой установке. Описаны физические и химические процессы, происходящие при карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде.</p> <p>В четвертый раздел посвящен исследованию влияния изменений параметров карбидизации вольфрама в пучково-плазменном разряде на структурно-фазовые состояния вольфрама. Установлены основные температурно-временные зависимости карбидизации вольфрама в пучково-плазменном разряде. Изучены и установлены основные закономерности изменений структурно-фазовых состояний поверхности вольфрама в результате карбидизации в пучково-плазменном разряде.</p>
	<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p>1) соответствуют;</p> <p>2) частично соответствуют;</p> <p>3) не соответствуют.</p>		<p>Цель и задачи полностью соответствуют теме диссертации и в полной мере раскрывают все аспекты исследования. Задачи диссертационной работы сформулированы четко, грамотно и отражают планируемое достижение цели научного исследования.</p>
	<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <p>1) полностью взаимосвязаны;</p> <p>2) взаимосвязь частичная;</p> <p>3) взаимосвязь отсутствует.</p>		<p>Все разделы и научные положения в диссертационной работе логически взаимосвязаны, обладают единством идеи, цели, задач и полученных результатов исследований. Исследование представляет целостную систему научной работы.</p>
	<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по</p>		<p>По каждой главе диссертации сделаны выводы, в которых содержится критический анализ и собственное мнение соискателя по рассматриваемым вопросам. Решения, принципы</p>

		<p>сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов. 	<p>и методы, предложенные автором в данной работе аргументированы и подтверждены в соответствии с основными научными методами исследования.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%). 	<p>Научные результаты и положения диссертационной работы являются новыми, что подтверждается 3-мя статьями, опубликованными в рецензируемых зарубежных научных журналах, входящих в базы данных и Scopus Web of Science, 3-мя статьями в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК.</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%). 	<p>Выводы диссертации основаны на всестороннем анализе полученных результатов исследований с привлечением результатов и выводов других авторов. При этом сформулированные в диссертации выводы касаются только собственных результатов исследований и являются полностью новыми.</p> <p>В работе впервые:</p> <ul style="list-style-type: none"> – разработан метод карбидизации вольфрама в пучково-плазменном разряде и установлены условия его реализации на плазменно-пучковой установке; – изучены особенности процесса карбидизации в пучково-плазменном разряде и определены температурно-временные параметры карбидизации вольфрама; – впервые описаны структурно-фазовые превращения в поверхностных слоях вольфрама и установлены их основные закономерности при карбидизации в пучково-плазменном разряде.
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p>	<p>Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются полностью новыми и обоснованными, поскольку позволили впервые разработать метод карбидизации в пучково-плазменном разряде и изучить</p>

		<p>1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>структурно-фазовые состояния вольфрама в зависимости от изменения режимов карбидизации. Получен акт о внедрении результатов диссертационной работы в процедуру проведения научных и прикладных исследований в области взаимодействия плазмы с поверхностью материалов в филиале ИАЭ НЯЦ РК.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).</p>	<p>Все основные выводы, приведенные в заключении, сформулированы на основе экспериментальных исследований. Они не противоречат основным положениям физики твердого тела. Выводы полностью подтверждают положения диссертационной работы.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет</p>	<p>Все три основных положения, вынесенных на защиту, доказаны экспериментально, с применением современных методов исследования структурно-фазового состояния поверхности вольфрама. Элементы тривиальности в диссертационной работе отсутствуют. Все найденные закономерности и особенности изученных процессов рассматривались не упрощенно, а с позиции современных знаний в области физики твердого тела и материаловедения. Основные положения, выносимые на защиту, являются результатом детального анализа новых/оригинальных экспериментальных данных, полученных автором. Ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не были кем-либо описаны Положение №1. Разработанный метод карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде на ППУ. Карбидизация поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде осуществляется в среде метана при подаче отрицательного потенциала на образец вольфрама 0,5 кВ путем накопления и диффузии углерода в приповерхностной области при давлении рабочего газа $\sim(1,01-1,05) \cdot 10^{-1}$ Па и при</p>

температуре поверхности образца от 1000 °С до 1700 °С с длительностью облучения от 600 с до 3600 с.

Первое положение доказано, положение не является тривиальным, является новым и имеет широкий уровень применения для понимания формирования карбидизированного слоя на поверхности вольфрама.

Первое положение доказано в статьях:

1. Жанболатова Ф.К., Бакланов В.В., Туленбергенов Т.Р., Миниязов А.Ж., Соколов И.А. Карбидизация поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде // *Вестник НЯЦ РК.* – 2020. – № 4. – С.77–81.

2. G. K. Zhanbolatova, V.V. Baklanov, M.K. Skakov, O.S. Bukina, Ye.A. Kozhahmetov, N.A. Orazgaliev. Influence of temperature on tungsten carbide formation in a beam plasma discharge // *Journal of Physics: Conference Series.* – 2021. – Vol. 2064. – 012055 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2064/1/012055>, (процентиль в Scopus – 22%)

3. Соколов И.А., Скаков М.К., Миниязов А.Ж., Туленбергенов Т.Р., Қайырды Ф.К. Изучение процессов образования карбидов на поверхности дивертора термоядерного реактора // *Вестник КазНАЕН.* – 2019. – № 1. – 44-49.

4. Г.К. Жанболатова, В.В. Бакланов, Т.Р. Туленбергенов, А.Ж. Миниязов, И.А. Соколов. Карбидизация поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде // *Сборник научных трудов XXIV Конференции взаимодействия плазмы с поверхностью.* – Москва, НИЯУ МИФИ, 4-5 февраля 2021 г. – с.46-48.

Положение №2. Основные температурно-временные зависимости карбидизации вольфрама в ППР. Эксперименты по карбидизации поверхности вольфрама в ППР при температуре от 700 °С до 1200 °С приводят к образованию углеродного покрытия в виде сплошной пленки. Образование WC зарегистрировано после экспериментов при температуре 1000 °С. Изменение температуры поверхности вольфрама в диапазоне

от 1100 °С до 1400 °С приводит к одновременному образованию карбидных фаз WC и W₂C. Основой фазового состава поверхности образцов после облучения при 1500–1700 °С становится W₂C. При температуре 1300 °С фазовый состав карбидизированного слоя зависит от длительности карбидизации. При температуре 1700 °С формирование W₂C в приповерхностной области вольфрама завершается независимо от продолжительности карбидизации. После карбидизации предварительно отожженных образцов наблюдается заметное увеличение содержания фазы WC и снижение содержания фазы W₂C относительно исходного вольфрама.

Второе положение доказано, положение не является тривиальными, является новым и имеет широкий уровень применения для совершенствования технологии получения материалов для термоядерных реакторов.

Второе положение доказано в статьях:

1. V. Baklanov, G. Zhanbolatova, M. Skakov, A. Miniyazov, I. Sokolov, T. Tulenbergenov, Ye. Kozhakhmetov, O. Bukina and N. Orazgaliev. Study of the Temperature Dependence of a Carbided Layer Formation on the Tungsten Surface Under Plasma Irradiation // *Materials Research Express*. – 2022. – Vol. 9. – 016403, (процентиль в Scopus – 79%), (квартиль журнала в Web of Science – Q3) (IF – 2.3).

2. M. Skakov, V. Baklanov, G. Zhanbolatova, A. Miniyazov, I. Sokolov, Y. Kozhakhmetov, T. Tulenbergenov, N. Mukhamedova, O. Bukina and A. Gradoboev. The effect of recrystallization annealing on the tungsten surface carbidization in a beam plasma discharge // *AIMS Materials Science*. – 2023. – Vol. 10(3). – P. 541–555, (процентиль в scopus – 53%), (IF 1.8).

3. Жанболатова Ф.К., Миниязов А.Ж., Туленбергенов Т.Р., Соколов И.А., Букина О.С. Исследование карбидизации поверхности вольфрама при плазменном облучении. – Вестник НЯЦ РК. – 2021. – №3. – С. 37-43.

Положение №3. Структурно-фазовые превращения в

поверхностных слоях вольфрама при карбидизации в ППР. При температуре 1000 °С в фазовом составе образца кроме кубической фазы металлического W появляется фаза WC гексагональной плотноупакованной структуры. При температурах 1400 °С и выше из фазового состава пропадает фаза металлического W, свидетельствуя, что W полностью израсходован на образование карбидных фаз, которое протекает тремя разными способами: $W \rightarrow W_2C \rightarrow WC$, $W \rightarrow WC \rightarrow W_2C$, $W \rightarrow W_2C/WC$.

Третье положение доказано, положение не является тривиальными, является новым и имеет широкий уровень применения для совершенствования технологии получения материалов.

Третье положение доказано в статьях:

1. V. Baklanov, G. Zhanbolatova, M. Skakov, A. Miniyazov, I. Sokolov, T. Tulenbergenov, Ye. Kozhakhmetov, O. Bukina and N. Orazgaliev. Study of the Temperature Dependence of a Carbided Layer Formation on the Tungsten Surface Under Plasma Irradiation // *Materials Research Express*. – 2022. – Vol. 9. – 016403, (процентиль в Scopus – 79%), (квартиль журнала в Web of Science – Q3) (IF – 2.3).

2. Skakov M.K., Baklanov V.V., Zhanbolatova G.K., Miniyazov A.Z., Kozhakhmetov Y.A., Gradoboev A.V. Research of the structural-phase state of tungsten surface layer cross-section after carbidization in a beam-plasma discharge usage electron microscopy methods. – *NNC RK Bulletin*. – 2023. – № 2. – С.89-96.

3. М. К. Скаков, Г. К. Жанболатова. Изменение структурно-фазовых состояний поверхности вольфрама в результате пучково-плазменной карбидизации // Труды XXIV Международной конференции «Взаимодействие ионов с поверхностью ВИП-2023», 21-25 августа 2023 г.». – Ярославль, 2023. – С. 132-135.

8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p><u>1) да;</u> 2) нет.</p>	<p>Выбор методологии обоснован. Докторант опирается на теоретические и экспериментальные методы исследования. Правильный выбор методологии исследования позволил докторанту определить достоверность полученных результатов диссертационного исследования.</p>
		<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p><u>1) да;</u> 2) нет.</p>	<p>Результаты диссертационной работы получены посредством современных методов и методик.</p> <p>Карбидизация вольфрама в пучково-плазменном разряде проводилась на плазменно-пучковой установке в филиале ИАЭ РГП НЯЦ РК.</p> <p>В филиале ИАЭ РГП НЯЦ РК также были проведены исследования структурно-фазовых превращений, морфологии структурных составляющих, элементного состава и топографии поверхности образцов с помощью рентгенофазового анализа, сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионного спектрального анализа.</p> <p>Исследования поперечного сечения образцов, тонкой структуры и микродифракционный фазовый анализ покрытий проводили с помощью сканирующего и просвечивающего электронных микроскопов в Научно-образовательном инновационном центре «Наноматериалы и нанотехнологии» НИ ТПУ (Томск, Россия).</p>
		<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Полученные в ходе выполнения диссертационной работы выводы доказаны и основаны на оригинальных, полученных в рамках выполнения НИР экспериментальных данных.</p>

		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.
		8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Используемые источники литературы весьма достаточны и обширны для литературного обзора. При выполнении диссертации было использовано 168 литературных источников, большинство из которых являются зарубежными.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: <u>1) да;</u> 2) нет	Данные, полученные при реализации НИР в рамках диссертационной работы, могут быть использованы при объяснении характера структурных образований в процессе формирования карбидов вольфрама методом карбидизации в пучково-плазменном разряде.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: <u>1) да;</u> 2) нет	На основе полученных экспериментальных данных разработаны методические рекомендации по карбидизации поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде, которые использованы при разработке патента РГП НЯЦ РК «Способ карбидизации вольфрама в метановой/углеводородной плазме» Уведомление о положительном результате формальной экспертизы заявки №2023/0223.1 от 30.03.2023 г. Гос.реестр изобретений РК РГП НИИС МЮ РК, а также используются непосредственно при осуществлении практической деятельности по направлению исследования карбидизации поверхности вольфрама в условиях плазменного облучения на плазменно-пучковой установке в филиале ИАЭ РГП НЯЦ РК.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? <u>1) полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Результаты диссертационного исследования, показывают существенную практическую новизну и отличный потенциал для дальнейшего использования, что подтверждается актом внедрения № 12-230-03/1575вн от 29.09.2023 г. результатов диссертационной работы в процедуру проведения научных и прикладных исследований в области взаимодействия плазмы с поверхностью материалов в филиале ИАЭ НЯЦ РК.

