

## ОТЗЫВ

### официального рецензента на диссертационную работу

**Елеуов М. А. на тему «Синтез и исследование пористых углеродных материалов и оксидов переходных металлов для электрохимического накопления энергии», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по направлению Физические и химические науки ГОП D090 – Физика («6D072300-Техническая физика»/«8B05301-Прикладная и инженерная физика»)**

№ п/п	Критерий	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
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>Работа выполнена в соответствии с планами прикладных научно-исследовательских проектов:</p> <p>1) AP05133792 – «Разработка и создание суперконденсаторов на основе нанопористых углеродных материалов, полученных из отходов растительного сырья» РГП «Институт проблем горения». (2018-2020);</p> <p>2) NATO project – Valorization of biomass waste into high efficient materials for CBRN protection (reference G5636) (2020-2021);</p> <p>3) AP05132875 – «Теоретическое и экспериментальное исследование излучательных процессов в наноструктурированных углеродсодержащих объектах». Satbayev University. (2018-2020);</p> <p>4) AP08856683 – «Разработка гибридных суперконденсаторных</p>

			электродов на основе наност-ных оксидов переходных металлов/графен/3Dпористый металл» РГП на ПХВ «ИПГ». (2020-2022) 5) АР14869581 – «Разработка рентабельного и масштабируемого метода синтеза графеноподобных структур из отходов биомассы для электрохимических накопителей энергии» РГП на ПХВ «ИПГ». (2022-2024)
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта.	Работа вносит существенный вклад в науку, поскольку впервые объединяет синтез графеноподобного углерода из биомассы, модификацию оксидами переходных металлов и разработку 3D-пористых токосъёмников в единую технологию. Важность исследования обоснована ростом потребности в высокоэффективных материалах для суперконденсаторов и развитием экологичных энергохранительных систем.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>высокий</u> ; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Уровень самостоятельности высокий, поскольку соискатель самостоятельно разработал экспериментальные установки, выполнил синтез и модификацию материалов, провёл комплексную физико-химическую и

			электрохимическую характеристику, интерпретировал результаты и подготовил публикации и патенты.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации:  1) <u>обоснована</u> ; 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	Актуальность диссертационного исследования обоснована тем, что работа направлена на создание высокоэффективных материалов для систем накопления энергии, что соответствует мировым тенденциям развития суперконденсаторов, росту спроса на экологичные технологии и необходимости переработки биоотходов в ценные углеродные материалы.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:  1) <u>отражает</u> ; 2) частично отражает; 3) не отражает.	Содержание диссертационного исследования соответствует заявленной теме: подробно раскрыты процессы синтеза, модификации и исследования пористых углеродных материалов и оксидов переходных металлов, а также их применение в электродах суперконденсаторов.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:  1) <u>соответствуют</u> ; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	Поставленные цель и задачи полностью соответствуют теме диссертационного исследования, охватывая разработку, модификацию и исследование углеродных и оксидных материалов, а также анализ их

		свойств в применении к суперконденсаторам.
	4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <b><u>полностью взаимосвязаны;</u></b> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Все разделы диссертационного исследования логично взаимосвязаны: от синтеза материалов и их модификации до структурного анализа и электрохимических испытаний, формируя цельную научную концепцию и последовательный ход исследования.
	4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <b><u>критический анализ есть;</u></b> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	Предложенные новые решения подкреплены критическим анализом существующих методов: автор сравнивает полученные материалы и технологии с известными аналогами, аргументирует их преимущества и демонстрирует улучшение структурных и электрохимических характеристик.
5.	Принцип научной новизны 5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <b><u>полностью новые;</u></b> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Полученные научные результаты являются полностью новыми, поскольку автор впервые разработал воспроизводимый метод получения графеноподобного углерода из биомассы, создал уникальный 3D-пористый никелевый токосъёмник, модифицированный CVD-графеном, и сформировал гибридные электроды с MnO <sub>2</sub> . Эти решения существенно превосходят

		существующие аналоги по удельной ёмкости, стабильности и архитектуре материала.
	<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <b><u>полностью новые;</u></b></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	Выводы диссертационного исследования являются полностью новыми, поскольку они основаны на впервые полученных экспериментальных данных о синтезе графеноподобного углерода из биомассы, разработке 3D-пористого токосъёмника и формировании гибридных электродов. Автор раскрывает новые закономерности влияния структуры и модификации материалов на их электрохимические характеристики.
	<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управлеченческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <b><u>полностью новые;</u></b></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	Предложенные технические и технологические решения полностью новые: разработана оригинальная установка для термохимической активации, создана технология получения 3D-пористых никелевых токосъёмников, интеграции CVD-графена и осаждения MnO <sub>2</sub> . Все этапы обоснованы экспериментально и демонстрируют улучшенные характеристики по сравнению с существующими технологиями,

			подтверждая их практическую значимость.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (куолитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Все основные выводы диссертационного исследования основаны на весомых научных доказательствах, полученных с использованием полного комплекса физико-химических и электрохимических методов исследования. Результаты подтверждены воспроизводимыми экспериментами, многосторонней характеризацией материалов и сопоставлением с современными данными литературы, что обеспечивает их высокую достоверность и научную обоснованность.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано;</p> <p>5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <u>нет</u>;</p>	<p>Все представленные на защиту положения подтверждены полученными экспериментальными данными, отличаются новизной и оригинальностью. Все задачи, сформулированные для достижения цели исследования, выполнены полностью и в полном соответствии с планом работы.</p> <p><b>Положение 1.</b></p> <p>Является новым и доказано в 1 научных публикациях и в 1 патенте РК:</p>

	<p>3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.</p> <p><b>7.3 Является ли новым?</b></p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.</p> <p><b>7.4 Уровень для применения:</b></p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) <u>широкий</u>;</p> <p>4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.</p> <p><b>7.5 Доказано ли в статье?</b></p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.</p>	<p>Yeleuov, M., Daulbayev, C., Taurbekov, A., Abdisattar, A., Ebrahim, R., Kumekov, S., ... &amp; Batyrzhan, K. (2021). Synthesis of graphene-like porous carbon from biomass for electrochemical energy storage applications. <i>Diamond and Related Materials</i>, 119, 108560. DOI:10.1016/j.diamond.2021.108560. (CiteScore: 6, Q2, Impact Factor: 4.3).</p> <p>Патент № 5404 РК. Способ получения графена и устройство для его осуществления / Елеуов М.А., Мансуров З.А., Таурбеков А.Т., Лесбаев Б.Т., Смагулова Г.Т., Приходько Н.Г. // – Опубл. 02.10.2020.</p> <p>Положение 1 отличается новизной, оригинальностью и обладает широкими возможностями практического применения.</p> <p><b>Положение 2.</b> Является новым и доказано в 2 научной публикации: M. Yeleuov, C. Seidl, T. Temirgaliyeva, A. Taurbekov, N. Prikhodko, B. Lesbayev, F. Sultanov, C. Daulbayev, and S. Kumekov . Modified Activated Graphene-Based</p>
--	---	--

		<p>Carbon Electrodes from Rice Husk for Supercapacitor Applications // Energies 2020, 13, 4943, P. 1–10.; DOI:10.3390/en13184943, (CiteScore: 3.86, Q3, Impact Factor: 3).</p> <p>Sultanov, F., Zhumasheva, N., Dangaliyeva, A., Zhaisanova, A., Baikalov, N., Tatykayev, B., Yeleuov M., ... &amp; Mentbayeva, A. (2024). Enhancing lithiumsulfur battery performance with biomass-derived graphene-like porous carbon and NiO nanoparticles composites. Journal of Power Sources, 593, 233959. DOI:10.1016/j.jpowsour.2023.233959 (Q1 Web of Science, Impact Factor (2023): 8.41). Положение 2 отличается новизной, оригинальностью и обладает широкими возможностями практического применения.</p> <p><b>Положение 3.</b> Является новым и доказано в 1 научных публикациях, в 1 патенте США и 1 патента РК:</p> <p>USA patent. Ebrahim, Rabi, Mukhtar Yeleuov, and Alex Ignatiev. Porous solid oxide fuel cell anode with nanoporous surface and process for</p>
--	--	--

		<p>fabrication. Application No. 16/709,016. Date of Patent : Jan. 28 , 2020;</p> <p>Патент № 6564 РК. Способ изготовления пористого токосъемника для гибридных суперконденсаторов / Елеуов М.А. Әбдісаттар Ә.Ә., Приходько Н.Г., Таурбеков А.ЬТ., Толынбеков А.Б. Ақарұлы К. // – Опубл. 22.10.2021.</p> <p>Abdisattar, A., Yeleuov, M., Daulbayev, C., Askaruly, K., Tolynbekov, A., Taurbekov, A., &amp; Prikhodko, N. (2022). Recent advances and challenges of current collectors for supercapacitors. <i>Electrochemistry Communications</i>, 107373. DOI:10.1016/j.elecom.2022.107373 (Web of Science: IF 4.7, Q1, и Scopus: Cite Score – 8.5, 86-й процентиль).</p> <p>Положение 3 отличается новизной, оригинальностью и обладает широкими возможностями практического применения.</p>	
8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Методология исследования обоснована и подробно описана,

Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	обеспечивая корректность проведения экспериментов и достоверность полученных результатов.
	8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:	Результаты диссертации получены с применением современных методов исследования и актуальных компьютерных подходов к обработке и интерпретации данных, что обеспечивает их высокую научную достоверность.
	<p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</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):	Теоретические выводы и выявленные закономерности полностью подтверждены экспериментальными данными, что обеспечивает их научную состоятельность и достоверность.
	<p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	
	8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Важные положения диссертационного исследования подтверждены ссылками на актуальные и достоверные научные источники, что усиливает обоснованность проведённого исследования.
	8.5 Использованные источники литературы <u>достаточны</u> /не достаточны для литературного обзора.	Использованные источники литературы являются достаточными и обеспечивают

			всестороннее раскрытие тематики в рамках литературного обзора.
9	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	Диссертационное исследование имеет значительное теоретическое значение, поскольку раскрывает новые закономерности формирования и модификации углеродных и оксидных материалов для энергонакапливающих систем.
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	Диссертационное исследование обладает выраженным практическим значением, поскольку разработанные материалы и технологии могут быть внедрены в производство высокоэффективных электродов и систем накопления энергии.
		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми:</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	Предложения для практического применения являются полностью новыми, поскольку включают оригинальные технологические решения по синтезу, модификации и интеграции материалов, ранее не использовавшиеся в существующих методах.
10.	Качество написания и оформления	<p>Качество академического письма:</p> <p>1) <u>высокое</u>;</p> <p>2) среднее;</p> <p>3) ниже среднего;</p> <p>4) низкое.</p>	Качество академического письма высокое, текст отличается ясностью, научной точностью и логичной структурой изложения материала.

11.	Замечания к диссертации	<p>Аннотация в целом выполнена на высоком уровне, однако её объём превышает типичный формат и содержит повторяющиеся фрагменты, что можно слегка сократить без потери смысла. В отдельных частях текст перегружен длинными сложными предложениями, которые стоит разбить для лучшей читабельности, а формулировки в «Положениях на защиту» — сделать более равномерными по структуре и усилить акцент на элементах новизны. Раздел «Научная новизна» очень сильный, но первые два пункта частично дублируют друг друга. Также можно конкретизировать прикладную значимость через указание потенциальных областей внедрения и слегка унифицировать стиль подачи численных данных и терминов. В остальном аннотация логична, научно корректна и полностью соответствует требованиям PhD.</p>
12.	<p>Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)</p>	<p>Статья «Synthesis of graphene-like porous carbon from biomass for electrochemical energy storage applications. Diamond and Related Materials» (CiteScore: 6, Q2, Impact Factor: 4.3) обладает высоким научным уровнем, что подтверждается публикацией в журнале Q2 с IF 4.3, строгой экспериментальной проработкой, демонстрацией рекордных параметров пористого углерода (<math>2800 \text{ м}^2/\text{г}</math>, <math>263 \text{ Ф/г}</math>) и новизной подхода к получению графеноподобного материала из биомассы. Работа вносит значимый вклад в развитие материалов для энергонакопления.</p> <p>Статья «Modified Activated Graphene-Based Carbon Electrodes from Rice Husk for Supercapacitor Applications» (CiteScore: 3.86, Q3, Impact Factor: 3) обладает высоким научным уровнем: выполнено получение графеноподобного углерода из рисовой шелухи с рекордной удельной поверхностью <math>3292 \text{ м}^2/\text{г}</math>, а также впервые показано значимое увеличение ёмкости (на 27%) за счёт модификации <math>\text{Ni(OH)}_2</math>. Публикация в рецензируемом журнале Q3 с IF 3 подтверждает её научную состоятельность и вклад в развитие материалов для суперконденсаторов.</p> <p>Статья «Recent advances and challenges of current collectors for supercapacitors» обладает очень высоким научным уровнем, что подтверждается публикацией в журнале Q1 с IF 4.7 и CiteScore 8.5. Авторы провели углублённый критический обзор по токосъёмникам для суперконденсаторов, систематизировали современные материалы и архитектуры, раскрыли их влияние на ёмкость, энергоэффективность и долговечность. Работа формирует научно значимую базу для дальнейших исследований и разработки новых токосъёмников.</p> <p>Статья «Enhancing supercapacitor performance through graphene flame synthesis on nickel current collectors and active carbon material from plant biomass» демонстрирует высокий научный уровень, подтверждённый публикацией в журнале Q1 с IF 9.4 и представлением нового масштабируемого метода синтеза графена в пламени на никелевых токосъёмниках. Работа сочетает инновационный подход, глубокий экспериментальный анализ и практическую значимость, показывая реальное улучшение характеристик суперконденсаторных электродов и высокий потенциал технологии для промышленного применения.</p>

		Статья «Enhancing lithiumsulfur battery performance with biomass-derived graphene-like porous carbon and NiO nanoparticles composites» обладает очень высоким научным уровнем, о чём свидетельствует публикация в журнале Q1 с IF 8.41 и актуальность тематики литий–серных батарей. Исследование демонстрирует инновационное использование графеноподобного углерода из биомассы и NiO-наночастиц для подавления шаттл-эффекта, достигнув выдающихся электрохимических показателей. Работа делает значимый вклад в развитие next-generation аккумуляторных систем.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Присудить степень доктора философии (PhD) или доктора по профилю

**Официальный рецензент:**

доктор PhD, ассоциированный профессор, заведующая лабораторией,  
ведущий научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии»



Казанкапова Майра Куттыбаевна