

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Беликова Евгения Александровича «Атомное и электронное строение биогибридных материалов на основе бактериоферритина Dps», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Беликова Евгения Александровича посвящена исследованию атомного и электронного строения биогибридных материалов, формируемых на основе неорганических наночастиц оксидов железа и белковых молекул бактериоферритина Dps. Данное направление исследований развито слабо, однако возможность формирования биогибридного материала на основе неорганических наночастиц управляемого состава и существенно малого размера внутри удобных для адресной доставки биомолекул открывает важные перспективы для дальнейшего использования этих объектов на практике. Необходимы знания о размерах и структуре, форме, атомном и электронном строении биогибридных материалов которые востребованы при применении в самых разнообразных научных и практических областях, например в микро- и нанoeлектронике, например спинтронике, медицине и диагностике, везде, где ключевым вопросом является обоснованное использование неорганических наночастиц малого размера.

В процессе работы над диссертацией Беликовым Е.А. проанализирован большой объем научной литературы, касающийся особенностей атомного и электронного строения, формы и состава биогибридных материалов на основе молекул белка бактериоферритина Dps, а также возможных подходов к изучению такого рода объектов. Хорошая фундаментальная подготовка позволила подробно исследовать молекулы белка Dps, клетки кишечной палочки *E.coli*, разнообразные биогибридные материалы и структуры на их основе, в том числе критически малого размера до нескольких нанометров. Беликов Е.А. использовал широкий набор самых современных высокоточных аналитических методов, многие из которых применялись впервые для биогибридных материалов, включая метод фотоэмиссионной электронной спектроскопии с применением синхротронного излучения. Это позволило в комплексе проанализировать данные, полученные экспериментально, о специфике атомного строения и электронного спектра, физико-химическом состоянии в целом, морфологических особенностях и составе изученных объектов. Е.А. Беликовым впервые проведено изучение молекул белка бактериоферритина Dps, как источника и одновременно носителя неорганических наночастиц, состав которых также был установлен. Получены данные об атомном и электронном строении, размере и форме неорганических наночастиц биогибридного материала. Впервые показана возможность получать биогибридный молекулярный материал без разрушения клеток бактерий кишечной палочки *E.coli*. Установлена устойчивость морфологии и атомного состава поверхности к вакуумированию клеток *E.coli*, воздействию высокоинтенсивного электромагнитного излучения, в том числе

синхротронного, до 10^{12} фот./сек и до 10 часов, высокого напряжения до 12 кВ. Продемонстрирована эффективная интеграция молекул белка бактериоферритина Dps с развитой поверхностью нитевидного кремния.

К моменту представления диссертационной работы Беликов Е.А. опубликовал в соавторстве 45 печатных работ включая 7 статей в журналах, индексируемых ВАК, РИНЦ и SCOPUS, входящих в Белый список. В этих публикациях, а также в докладах, сделанных на конференциях, представлены все полученные в работе результаты, которые прошли широкое обсуждение. Результаты, полученные Е.А. Беликовым использовались при выполнении научно-исследовательских проектов РФФИ, РНФ, федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на период до 2030 года и дальнейшую перспективу.

Беликов Е.А. зарекомендовал себя как сложившийся квалифицированный специалист в области физики конденсированного состояния, владеющий на высоком уровне набором самых современных и высокоточных методов исследований, в том числе с использованием установок класса «мегасайенс» источников синхротронного излучения, который полностью справился с поставленными целью и задачами диссертационного исследования на самом современном уровне. Беликов Е.А. принимал активное участие в исследовательской работе совместной научно-образовательной лаборатории «Атомное и электронное строение функциональных материалов» Воронежского государственного университета и Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Считаю, что представляемая Беликовым Е.А. работа по актуальности, новизне полученных результатов, их научной и практической значимости удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Научный руководитель,
заведующий кафедрой общей физики
и физического материаловедения
ФГБОУ ВО «ВГУ»,
доктор физико-математических наук
(01.04.10 – физика полупроводников), доцент

Турищев Сергей Юрьевич

Почтовый адрес:
394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1
ФГБОУ ВО «ВГУ»
тел. +7(920)431-28-88
e-mail: tsu@phys.vsu.ru

«12» сентября 2025 года



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО «ВГУ»)	
<i>Турищев С. Ю.</i>	
заверяю	начальник отдела кадров
	Т.В. Зарудняя
	20 09 2025
подпись, расшифровка подписи	