

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.07, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 26 апреля 2018 года публичной защиты диссертации Рябищенковой Анастасии Геннадьевны «Адсорбция, диффузия и интеркаляция немагнитных атомов на поверхностях тетрадимитоподобных топологических изоляторов» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 17 из 24 членов диссертационного совета, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния:

- | | |
|--|----------|
| 1. Багров В. Г., доктор физико-математических наук, профессор,
председатель диссертационного совета, | 01.04.02 |
| 2. Киреева И. В., доктор физико-математических наук, старший научный
сотрудник, ученый секретарь диссертационного совета, | 01.04.07 |
| 3. Бордовицын В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 4. Брудный В. Н., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.10 |
| 5. Войцеховский А. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.10 |
| 6. Гермогенов В. П., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.10 |
| 7. Дударев Е. Ф., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 8. Старенченко В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 9. Лавров П. М., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 10. Ляхович С. Л., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 11. Мельникова Н. В., доктор физико-математических наук, | 01.04.07 |
| 12. Потекаев А. И., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 13. Трифонов А. Ю., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 14. Тюменцев А. Н., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.07 |
| 15. Толбанов О. П., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.10 |
| 16. Шаповалов А. В., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |
| 17. Шарапов А. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.02 |

Заседание провел председатель диссертационного совета, доктор физико-математических наук, профессор Багров Владислав Гавриилович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить А. Г. Рябищенковой ученую степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.07,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.04.2018 № 9

О присуждении **Рябищенковой Анастасии Геннадьевне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Адсорбция, диффузия и интеркаляция немагнитных атомов на поверхностях тетрадимитоподобных топологических изоляторов»** по специальности **01.04.07** – Физика конденсированного состояния принята к защите 13.02.2018 (протокол заседания № 1) диссертационным советом **Д 212.267.07**, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Рябищенкова Анастасия Геннадьевна**, 1986 года рождения.

В 2012 году соискатель окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2017 году соискатель очно окончила аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории наноструктурных поверхностей и покрытий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре физики металлов физического факультета и в лаборатории наноструктурных поверхностей и покрытий научного управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук **Отроков Михаил Михайлович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория наноструктурных поверхностей и покрытий, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Полетаев Геннадий Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», кафедра высшей математики и математического моделирования, заведующий кафедрой

Жачук Руслан Анатольевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория нанодиагностики и нанолитографии (на момент назначения официальным оппонентом – лаборатория молекулярно-лучевой эпитаксии элементарных полупроводников и соединений A^3B^5), старший научный сотрудник
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук**, г. Владивосток, в своем положительном отзыве, подписанном **Азатьяном Сергеем Геннадьевичем** (кандидат физико-математических наук, лаборатория № 101 Технологии двумерной микроэлектроники, научный сотрудник), **Сараниным Александром Александровичем** (член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук,

заместитель директора по научной работе; лаборатория № 104 Технологии полупроводников и диэлектриков, заведующий лабораторией), **Зотовым Андреем Вадимовичем** (член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, лаборатория № 101 Технологии двумерной микроэлектроники, заведующий лабораторией) указала, что актуальность темы диссертационной работы А. Г. Рябищенковой связана с возможностью использования топологических изоляторов в прикладных задачах спинтроники. Для практического исследования желательно заранее предполагать поведение адсорбированных атомов на поверхности топологических изоляторов и их влияние на поверхностную зонную структуру. Расчёты поведения (адсорбция, диффузия и возможная интеркаляция в межблочное пространство) одиночных неметаллических атомов на поверхности (0001) топологических изоляторов Bi_2Se_3 и Bi_2Te_3 проведены А. Г. Рябищенковой в рамках единого систематического подхода для большой группы химических элементов: щелочных (Li, K, Na, Rb, Cs), щелочно-земельных (Be, Mg, Ca, Sr, Ba) и ряда постпереходных (B, Al, Ga, In, Tl) металлов. Автором получены энергии адсорбции на указанные поверхности атомов этих химических элементов, определены адсорбционные позиции, занимаемые этими атомами, определены пути диффузии таких атомов по поверхностям, а также теоретически определено, что атомы только двух щелочных металлов (Li и Na) могут интеркалировать в ван-дер-Ваальсовские пустоты (межблочное пространство), тогда как атомы остальных щелочных металлов (K, Rb, Cs) могут собираться вдоль ступеней террас, формируя одномерные цепочки; впервые приведено теоретическое определение значения сдвига дираковской точки при легировании поверхности топологического изолятора Bi_2Se_3 атомами углерода, которое наблюдалось в другом, экспериментальном, исследовании; определено, что данный сдвиг обуславливается конкуренцией увеличения приповерхностного межплоскостного расстояния (сдвиг в зону проводимости) и внесением изменения поверхностного потенциала легирующими атомами углерода (сдвиг в валентную зону). Фундаментальный и единый подход к определению энергии адсорбции, положению адсорбции, параметров диффузии широкого ряда неметаллических атомов на поверхности

известных топологических изоляторов вносит существенный вклад в область науки, занимающуюся исследованием материалов с топологическими инвариантами z_2 . Полученные результаты помогут исследователям как в интерпретации ранее полученных данных по изучению поверхности топологических изоляторов Bi_2Se_3 и Bi_2Te_3 , так и в планировании дальнейших экспериментальных и теоретических исследований поведения одиночных немагнитных атомов на этих подложках.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы (3 статьи в зарубежных научных журналах, индексируемых Web of Science и 1 статья в российском научном журнале, переводная версия которого индексируется Web of Science), в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций (в том числе 2 зарубежные конференции) и международного междисциплинарного симпозиума опубликовано 6 работ. Общий объем публикаций – 6,77 п.л., авторский вклад – 3,09 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Roy S. Tuning the Dirac Point Position in Bi_2Se_3 (0001) via Surface Carbon Doping / S. Roy, H. L. Meyerheim, A. Ernst, K. Mohseni, C. Tusche, M. G. Vergniory, T. V. Menshchikova, M. M. Otrokov, **A. G. Ryabishchenkova**, Z. S. Aliev, M. B. Babanly, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, E. V. Chulkov, J. Schneider, J. Kirschner // *Physical Review Letters*. – 2014. – Vol. 113, is. 11. – Article number 116802. – 5 p. – DOI: 10.1103/PhysRevLett.113.116802. – 0,88 / 0,32 п.л. (*Web of Science*)

2. Gosalvez M. A. Low-coverage surface diffusion in complex periodic energy landscapes: analytical solution for system with symmetric hops and application

to intercalation in topological insulators / M. A. Gosalvez, M. M. Otrokov, N. Ferrando, **A. G. Ryabishchenkova**, A. Ayuela, P. M. Echenique, E. V. Chulkov // *Physical Review B*. – 2016. – Vol. 93, is. 7. – Article number 075429. – 18 p. – DOI:10.1103/PhysRevB.93.075429. – 2,2 / 0,37 п.л. (*Web of Science*)

3. Otrokov M. M. Geometric and electronic structure of the Cs-doped Bi₂Se₃ (0001) surface / M. M. Otrokov, A. Ernst, K. Mohseni, H. Fulara, S. Roy, G. R. Castro, J. Rubio-Zuazo, **A. G. Ryabishchenkova**, K. A. Kokh, O. E. Tereshchenko, Z. S. Aliev, M. B. Babanly, E. V. Chulkov, H. L. Meyerheim, S. S. P. Parkin // *Physical Review B*. – 2017. – Vol. 95, is. 20. – Article number 205429. – 9 p. – DOI: 10.1103/PhysRevB.95.205429. – 1,42 / 0,43 п.л. (*Web of Science*)

4. **Рябищенкова А. Г.** Адсорбция, диффузия и интеркаляция атомов щелочных металлов на поверхности (0001) топологического изолятора Bi₂Se₃: исследование *ab initio* / **А. Г. Рябищенкова**, М. М. Отроков, В. М. Кузнецов, Е. В. Чулков // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. – 2015. – Т. 148, вып. 3 (9). – С. 535–548. – 1,75 / 1,5 п.л.

в переводной версии журнала, индексируемой Web of Science:

Ryabishchenkova A. G. Ab initio study of the adsorption, diffusion, and intercalation of alkali metal atoms on the (0001) surface of the topological insulator Bi₂Se₃ / **A. G. Ryabishchenkova**, M. M. Otrokov, V. M. Kuznetsov, E. V. Chulkov // *Journal of experimental and theoretical physics*. – 2015. – Vol. 121, is. 3. – P. 465–476. – DOI: 10.1134/S1063776115090186.

На автореферат поступило 6 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **В. А. Кульбачинский**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры физики низких температур и сверхпроводимости Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, *с замечанием*: излишне категорично утверждение автора о том, что интеркалирование в ван-дер-ваальсовы щели возможно лишь для атомов Li и Na, поскольку экспериментальные данные (В. А. Кульбачинский, С. А. Азоу, З. Д. Ковалюк, М. Н. Пырля, С. Я. Скипидаров, 1991; N. V. Brandt, V. A. Kulbachinskii, 1991) показывают, что в ван-дер-ваальсовы щели хорошо интеркалируются Li и Ba. 2. **В. Н. Удодов**, д-р физ.-мат. наук, проф.,

заведующий лабораторией физики твердого тела, профессор кафедры математики и методики преподавания математики Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова, г. Абакан, и А. А. Попов, проректор по науке и инновациям Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова, г. Абакан, *с замечаниями*: на рис. 1 не приведены погрешности вычислений; в задаче 1 сказано о расчете равновесной высоты адсорбции, что не нашло полного отражения в основных выводах. 3. **Д. А. Козлов**, канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник лаборатории физики низкоразмерных систем Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова, г. Новосибирск, *с замечаниями*: из расчетов энергии адсорбции, представленных на рис. 1, видно, что для некоторых из исследуемых элементов ее величина в положениях f , h , и даже b отличается несущественно, а с учетом возможных погрешностей расчета может вообще отсутствовать; в тексте автореферата упоминается проведенный зарядовый анализ во всех возможных положениях и указывается, что конкретное адсорбционное положение не влияет на общий механизм выбора атомом этого положения, однако в заключении четко сформулировано, что некоторые элементы адсорбируются в позиции ГЦК типа, а другие – в позиции типа ГПУ; в заключении было бы уместно упомянуть о близости энергий в различных положениях; во введении автор упоминает о подтверждении отсутствия обратного рассеяния электронов, расположенных на поверхности топологического изолятора, с помощью фотоэмиссионных экспериментов и туннельной спектроскопии, однако такое утверждение кажется странным, поскольку ни фотоэмиссия, ни туннельная спектроскопия не дает детальной информации об электронном рассеянии. 4. **С. А. Безносюк**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой физической и неорганической химии Алтайского государственного университета, г. Барнаул, *с замечанием*: энергии активации интеркаляции и возврата на террасу были рассчитаны только для атомов Li и Rb, что, по-видимому, обусловлено необходимостью проведения расчетов для множества положений адатомов в сверхячейке большого размера; *и с вопросом*: возможно ли сделать приблизительную оценку указанных энергий активации для других адатомов зная разницу энергий атома на поверхности и в ван-дер-

Ваальсовой пустоте и энергии активации диффузии на поверхности и ван-дер-Ваальсовой пустоте? 5. **А. С. Васенко**, PhD in Physics (Chalmers University of Technology), доцент департамента электронной инженерии Московского института электроники и математики им. А. Н. Тихонова Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», *с замечанием*: из автореферата не ясно, проводились ли тестовые расчеты для выбора сетки k-точек для интегрирования по зоне Бриллюэна. 6. **Д. А. Таюрский**, д-р физ.-мат. наук, проф., проректор по образовательной деятельности, заведующий кафедрой общей физики Казанского (Приволжского) федерального университета, *с замечанием*: не проведена оценка энергий активации диффузии атомов бора на поверхностях селенида и теллурида висмута.

В отзывах отмечается, что топологические изоляторы представляют собой новый класс веществ с изолирующим объемом и проводящими поверхностными состояниями и являются одной из «горячих» тем физики конденсированного состояния. В настоящий момент проблема изготовления легированных тетрадимитоподобных структур высокого качества является одной из наиболее острых в экспериментальной физике топологических изоляторов, поэтому вопросы адсорбции, диффузии и интеркаляции легирующих атомов являются важными, а актуальность работы не вызывает сомнения. Автором рассчитаны равновесные положения атомов 1 (Li, Na, K, Rb и Cs), 2 (Be, Mg, Ca, Sr и Ba) и 13 (B, Al, Ga, In и Tl) групп периодической системы элементов, теоретическое зарядовое состояние атомов и тип связи с поверхностью; рассчитана возможность интеркалирования атомов 1 группы (Li, Na, K, Rb и Cs) в ван-дер-Ваальсовы щели селенида висмута; рассчитана электронная структура легированной углеродом поверхности селенида висмута. Диссертационная работа развивает новое перспективное направление в физике топологических изоляторов. Полученные А. Г. Рябищенковой результаты исследования важны для понимания и возможной модификации свойств указанных материалов и вносят существенный вклад в понимание и правильную интерпретацию экспериментальных данных.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **Г. М. Полетаев** является известным специалистом в области фундаментальных вопросов материаловедения, а именно исследования атомной структуры металлов и сплавов, а также процессов, протекающих в них на атомном уровне, методом молекулярной динамики; **Р. А. Жачук** является высококвалифицированным специалистом в области физики конденсированного состояния, связанной с моделированием и прогнозированием атомных процессов на поверхностях полупроводниковых материалов; в **Институте автоматизации и процессов управления ДВО РАН** работают квалифицированные специалисты, известные своими достижениями в области физики конденсированного состояния, исследования проблем механики сплошной среды и физики низкоразмерных структур, нанотехнологий.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложены способ систематического анализа адсорбции атомов 1, 2 и 13 групп на поверхности (0001) Bi_2Se_3 и Bi_2Te_3 ; систематический анализ диффузии адатомов по поверхности тетрадимитоподобных топологических изоляторов на основе расчетов энергетических барьеров методом подталкивания упругой ленты; методы управления положением точки Дирака путем допирования поверхности (0001) Bi_2Se_3 атомами углерода;

доказано, что эффективная интеркаляция возможна лишь для атомов Li и Na, тогда как для атомов K, Rb и Cs она энергетически невыгодна и требует преодоления высоких энергетических барьеров; наиболее вероятным местом локализации атомов K, Rb и Cs являются края террасы как у входа в ван-дер-Ваальсову пустоту, так и у перехода на нижерасположенную террасу, такая локализация может приводить к формированию квазиодномерных цепочек вдоль ступеней.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что имеется универсальный механизм, определяющий выгодность атомов 1, 2 и 13 групп в ту или иную позицию адсорбции: атомы располагаются в такой симметричной позиции, в которой возможно установление связей с наибольшим числом атомов первых двух слоев подложки; для всех

рассматриваемых адатомов диффузия на поверхностях тетрадимитоподобных топологических изоляторах происходит путем перескоков из позиции ГЦК типа в позицию ГПУ типа, за исключением бериллия; для энергий активации диффузии в рамках одного периода в большинстве случаев справедливо соотношение $E_{a \geq}^{13} > E_a^1$; имеется зависимость положения точки Дирака от конкуренции двух факторов: увеличение расстояния между поверхностным и подповерхностными слоями и наличия атомов углерода вблизи поверхности;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы псевдопотенциальный метод проекционных присоединенных волн квантовой механики для расчета электронной и кристаллической структур поверхности с адсорбатом; метод Бейдера для анализа зарядового состояния атомов в указанных системах; метод подталкивания упругой ленты для расчета энергетических барьеров активации диффузии по поверхности; метод расчета коэффициента диффузии атомов на поверхности;

изложены мотивировка проведенных теоретических исследований, их результаты и возможные области применения;

изучены адсорбция, интеркаляция и диффузия немагнитных атомов на поверхности топологических изоляторов, которые вносит существенный вклад в область, связанную с изучением топологически-нетривиальных материалов, и способствуют интерпретации имеющихся в литературе экспериментальных данных.

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

определены энергии адсорбции адатомов 1, 2 и 13 групп на поверхности (0001) тетрадимитоподобных ТИ, энергии активации диффузии адатомов на указанной поверхности, а также диффузионные длины и их зависимости от температуры;

представлены результаты исследования адсорбции атомов цезия и углерода на поверхности $\text{Bi}_2\text{Se}_3(0001)$, полученные в рамках сотрудничества с экспериментальной группой из Института Физики Микроструктур имени Макса Планка (Германия), которые объясняют экспериментально наблюдаемые свойства данных систем. Результаты исследования диффузии атомов рубидия на ступенчатой

поверхности $\text{Bi}_2\text{Se}_3(0001)$ позволяют объяснить ранее опубликованные экспериментальные данные, полученные методом сканирующей туннельной микроскопии и скорректировать сделанные на их основе выводы.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные автором новые знания представляют несомненный интерес для специалистов, занимающихся теоретическими и экспериментальными исследованиями топологических изоляторов, для применения их в прикладных задачах и устройствах спинтроники. Представленные в диссертационной работе сведения о местоположении и зарядовом состоянии адатомов на поверхности (0001) топологических изоляторов Bi_2Se_3 и Bi_2Te_3 рекомендуется использовать при проведении модельных расчётов структур на основе этих изоляторов, а также других расчётов из первых принципов для данных систем.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

идея базируется на использовании современных квантовомеханических методов расчета, способе систематического анализа рассчитываемых параметров (параметры адсорбции, диффузии и интеркаляции рассчитаны для 15 различных элементов таблицы Менделеева из 3 разных групп);

использовано прямое сравнение результатов работы с полученными ранее экспериментальными результатами других авторов;

установлено качественное согласие результатов автора с результатами, представленными в независимых источниках.

Научная новизна работы заключается в том, что:

автором впервые проведено систематическое первопринципное исследование адсорбции, диффузии и интеркаляции изолированных атомов 1, 2 и 13 групп, нанесенных как на идеальную, так и на ступенчатую поверхности тетрадимитоподобных топологических изоляторов;

данная работа устраняет пробелы в знаниях как об энергиях адсорбции адатомов 1, 2 и 13 групп на поверхности (0001) тетрадимитоподобных топологических изоляторов, так и об энергиях активации диффузии адатомов на указанной поверхности, а также диффузионных длинах и их зависимости от температуры.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии в постановке цели и задач исследования, анализе и обсуждении результатов, формулировке выводов, подготовке научных публикаций по теме диссертации. Изложенные в диссертации результаты получены лично автором. Опубликованные в рецензируемых журналах численные расчеты энергий адсорбции, энергий активации диффузии и интеркаляции, кристаллической и электронной структуры получены автором самостоятельно. Подготовка результатов к публикации проводилась совместно с соавторами.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи систематического теоретического исследования адсорбции, диффузии и интеркаляции изолированных немагнитных атомов, осажденных на поверхность (0001) тетрадимитоподобных топологических изоляторов Bi_2Se_3 и Bi_2Te_3 , а также изучения влияния адсорбатов на поверхностную электронную структуру топологического изолятора, имеющей значение для развития физики конденсированного состояния.

На заседании 26.04.2018 диссертационный совет принял решение присудить **Рябищенковой А. Г.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета

26.04.2018



(Handwritten signature)

Багров Владислав Гаврилович

(Handwritten signature)

Киреева Ирина Васильевна