ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.167.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.А. СТЕКЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24.09.2026 № 3

О присуждении **Криворолю Вячеславу Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Геометрические аспекты сигма-моделей»** на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика, принята к защите «04» июня 2026 г., протокол № 2 диссертационным советом 24.1.167.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук (119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 8; приказ № 1114/НК от 23.05.2023).

Соискатель Кривороль Вячеслав Александрович, 1998 года рождения, окончил в 2022 г. магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» и в настоящее время обучается в очной аспирантуре физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». С 2022 г. Кривороль В.А. работает в должности стажера-исследователя Института теоретической и математической физики МГУ.

Диссертация выполнена в отделе теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук.

Научный руководитель - Быков Дмитрий Владимирович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела теоретической физики

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук (специальность – 01.04.02)

Официальные оппоненты:

- Иванов Евгений Алексеевич – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова Международной межправительственной организации «Объединенный институт ядерных исследований» (специальность – 01.04.02);
- Горский Александр Сергеевич – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории квантовой физики и информации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (специальность – 01.04.02)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» (г. Москва) в своем положительном заключении, утвержденном ректором Института, доктором химических наук, академиком РАН, профессором Горбуновой Юлией Германовной, указала, что представленная диссертация представляет собой завершённое научное исследование, посвящённое актуальной тематике, а результаты работы являются новыми и согласуются с результатами, полученными другими авторами, что подтверждает их достоверность.

Основные результаты опубликованы в 4 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Bykov D., Krivorol V. Grassmannian Sigma Models // Adv. Theor. Math. Phys. — 2024. — Vol. 28, No. 3. — P. 1027–1079.

2. Bykov D., Krivorol V. Supersymmetric Grassmannian sigma models in Gross–Neveu formalism // Lett. Math. Phys. — 2025. — Vol. 115. — P. 85.

3. Bykov D., Krivorol V., Kuzovchikov A. Oscillator calculus on coadjoint orbits and index theorems // Lett. Math. Phys. — 2025. — Vol. 115. — P. 101.

4. Krivorol V. On First-Order GLSM for Sigma Models // Phys. Part. Nucl. Lett.

— 2025. — Vol. 22. — P. 1312–1315.

По совместным статьям имеются заявления соавторов о разделении вклада в публикациях.

Других отзывов на диссертацию и автореферат не поступало.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются высококвалифицированными специалистами в области теоретической и математической физики и имеют публикации по тематике, близкой к теме диссертации. Иванов Е. А. является признанным специалистом в области суперсимметрии, суперсимметричной квантовой механики и теории поля, в том числе суперсимметричных сигма-моделей. Горский А. С. является известным специалистом в области квантовой теории поля и интегрируемых систем, включая их взаимосвязи с геометрическими и теоретико-групповыми методами. Выбор Сколковского института науки и технологий в качестве ведущей организации обусловлен наличием в его составе Научной школы имени И. М. Кричевера, объединяющей специалистов в области математической и теоретической физики, интегрируемых систем, алгебраической и комплексной геометрии и теории групп, то есть по направлениям, непосредственно связанным с тематикой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– разработаны квазилинейные формулировки первого порядка, характеризующиеся конечным числом вершин взаимодействия, для двумерных сигма-моделей с ортогональными и симплектическими грассманианами в качестве таргет-пространств; доказана эквивалентность этих формулировок стандартным геометрическим формулировкам соответствующих сигма-моделей со специальным B-полем; для симметрических грассманианов построены суперсимметричные обобщения указанных квазилинейных формулировок;

– построены новые двухузловые суперсимметричные SU(2) спиновые цепочки, обладающие N = 2 и N = 4 суперсимметрией, и предложено их суперполевое описание с использованием нелинейных киральных мультиплетов, основанных на плоских суперсвязностях; доказано, что в пределе большого спина построенные

модели переходят в одномерные сигма-модели с N = 2 и N = 4 суперсимметрией и таргет-пространством в виде сферы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1. вычислены однопетлевые бета-функции квазилинейных формулировок сигма-моделей на ортогональных и симплектических грассманианах; для симметрических пространств получено согласие с известными результатами, полученными в стандартной сигма-модельной формулировке, для несимметрических пространств данное вычисление является принципиально новым;
2. изложен подход к формулировке нелинейных сигма-моделей в виде калибровочных теорий первого порядка с конечным числом взаимодействий, основанный на представлении кокасательных расслоений таргет-пространств в виде симплектического фактора плоских пространств;
3. изучена связь суперсимметричных спиновых цепочек с одномерными сигма-моделями, чьё квантование описывается операторами Лапласа – Дольбо и Лапласа – де Рама; показано, что индекс Виттена построенных конечномерных моделей не зависит от параметра усечения (SU(2) спина) и совпадает с индексом соответствующей сигма-модели.

Диссертация носит теоретический характер. Полученные результаты могут быть использованы при проведении многопетлевых пертурбативных вычислений в двумерных теориях поля, при исследовании спектров операторов типа Лапласа и геометрического квантования, а также при изучении теорем об индексе с помощью конечномерных моделей спиновых цепочек.

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием общепринятых методов теоретической и математической физики, аналитической проверкой эквивалентности построенных формулировок исходным сигма-моделям и согласованностью полученных результатов с известными результатами в тех случаях, когда такое сравнение возможно. В частности, путем исключения вспомогательных полей и фиксации калибровки доказана классическая эквивалентность квазилинейной и геометрической формулировок сигма-моделей на грассманианах. На квантовом уровне для симметрических грассманианов

вычисленные однопетлевые бета-функции совпадают с известными бета-функциями соответствующих сигма-моделей. По материалам диссертации опубликованы четыре работы в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК и международные базы данных Web of Science и Scopus. Результаты исследований докладывались соискателем на отечественных и международных конференциях и научных семинарах.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном получении результатов диссертационного исследования, подготовке публикаций по теме диссертации и апробации результатов на научных семинарах и конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Не для всех рассмотренных в диссертации суперсимметричных моделей приведены суперполевые лагранжианы; в частности, они отсутствуют для N = (2, 2) моделей типа Гросса – Невё, рассмотренных в главе 2.
2. Не в полной мере раскрыта связь квазилинейных формулировок со стандартным формализмом Картана, являющимся универсальным языком описания сигма-моделей на однородных пространствах.
3. В суперсимметричном случае не проведено сравнение с точной NSVZ-бета-функцией, которая может быть получена из анализа инстантонной меры.
4. Известно, что спиновые цепочки обладают рядом нетривиальных дуальностей, в частности симплектической биспектральной дуальностью, связывающей различные спиновые цепочки, и QQ-дуальностью, связывающей спиновые цепочки с моделями Руджинарса – Калоджеро. Представляло бы интерес установить, каким образом такие дуальности реализуются на стороне сигма-моделей в рамках рассмотренного в диссертации соответствия между спиновыми цепочками и сигма-моделями.

Соискатель Кривороль В.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1) Согласен, в качестве дальнейшего развития данного направления было бы очень интересно найти суперполевую формулировку для суперсимметричных теорий типа Гросса-Невё, построенных в диссертации.

2) Согласен, что этот момент стоило бы прояснить в основном тексте диссертации, хотя в приложении приведено доказательство эквивалентности квазилинейных формулировок со стандартной формой сигма-моделей в формализме Картана.

3) Согласен, было бы очень интересно вычислить точную бета-функцию в рассмотренных суперсимметричных моделях Гросса-Невё. Отмечу, что техника NSVZ неявно предполагает наличие схемы перенормировки, сохраняющей суперсимметрию, которая для теорий типа Гросса-Невё на данный момент неизвестна.

4) Согласен, перенос различных дуальностей со спиновых цепочек на сигма-модели представляет собой интересную задачу для дальнейших исследований.

На заседании 24 сентября 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Криворолю В.А. ученую степень кандидата физико-математических наук за развитие геометрических методов исследования нелинейных сигма-моделей.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 - по специальности 1.3.3, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **14**, против **нет**.

Председатель диссертационного совета 24.1.167.02
доктор физико-математических наук

Печень Александр Николаевич

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.167.02

кандидат физико-математических наук

Теретёнков Александр Евгеньевич

24 сентября 2026 года