

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**  
**Капорцевой Ксении Борисовны**  
**на тему «Моделирование прихода корональных выбросов массы к Земле**  
**и оценка их геоэффективности»**  
**по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия**

**Актуальность темы диссертации.** Диссертация Капорцевой К.Б. посвящена актуальной проблеме прогнозирования прихода Корональных Выбросов Массы (КВМ) к Земле и определению их геоэффективности. КВМ являются яркими проявлениями солнечной активности и, пожалуй, одним из самых значительных факторов, влияющих на геомагнитную активность и радиационную обстановку в околоземном космическом пространстве. Поэтому задачи установления источников КВМ в солнечной короне и моделирования их распространения в межпланетной среде являются актуальными проблемами прогноза космической погоды. Этим актуальным задачам и посвящена диссертация Капорцевой К.Б.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Введение содержит общую формулировку проблемы, обоснование ее актуальности, постановку задач исследования, положения, выносимые на защиту, характеристику новизны и достоверности результатов, перечень публикаций автора по теме диссертации, описание личного вклада автора.

В первой главе диссертации представлен обзор современных исследований по теме диссертации, описаны основные проблемы моделирования распространения КВМ и обоснован выбор DBM-модели распространения КВМ в межпланетной среде, используемой в диссертации для прогнозирования времени прихода КВМ к Земле.

Во второй главе описывается методика моделирования КВМ с помощью DBM модели, в которой впервые была учтена скорость фонового солнечного ветра в качестве входного параметра.

Третья глава посвящена подробному описанию существующих каталогов КВМ их достоинств и недостатков, на основании которых автор диссертации предлагает свой метод объединения существующих каталогов и обосновывает необходимость создания объединенного каталога КВМ для тестирования системы прогноза в 23-м цикле солнечной активности. Также в третьей главе подробно описан процесс тестирования модели и вводится оценка прогнозирования прихода КВМ на околоземную орбиту.

В четвертой главе описана схема системы для онлайн прогнозирования времени и скорости КВМ, предложен алгоритм отбора потенциально геоэффективных КВМ из существующих каталогов, включающий в себя три этапа отбора КВМ. Далее описан процесс валидации отбора КВМ путем сравнения предсказанных и наблюдаемых событий. В конце главы представлен анализ результатов прогнозирования прихода КВМ на орбиту Земли, их скорости и геоэффективности.

В пятой главе предпринята попытка улучшить прогноз скорости солнечного ветра на орбите Земли путем добавления к прогнозу скорости квазистационарных потоков солнечного ветра прогноза скорости КВМ. Показано, что добавление прогноза КВМ улучшает общий прогноз скорости солнечного ветра на околоземной орбите.

**Степень обоснованности положений, выносимых на защиту, научных выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

На защиту вынесено 7 положений, содержащих основные результаты диссертации. Для получения результатов диссертации было выполнено тестирование используемой DBM-модели распространения КВМ в межпланетной среде на большом объеме данных (за 13-летний период), а также тщательный отбор и валидация данных, используемых для прогнозирования скорости КВМ на орбите Земли и их геоэффективности.

**Достоверность научных результатов.** Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается использованием проверенных моделей, достоверных данных и общепринятых методик анализа. Модель

ДВМ распространения КВМ в межпланетной среде апробирована в ряде работ других авторов и опубликована в высокорейтинговых рецензируемых журналах. Входные параметры для моделирования определялись на основе данных из открытых международных космофизических баз. Результаты моделирования проверялись путем сопоставления с реальными наблюдениями, опубликованными в рецензируемых источниках. Результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в основные международные базы цитирования, и докладывались на международных конференциях и симпозиумах.

**Новизна научных результатов.** В диссертации предложен новый алгоритм объединяющий численную и эмпирическую модель распространения КВМ в межпланетной среде с учетом изменения характеристик КВМ при его распространения в изменяющемся фоновым солнечном ветре. Такая модель позволяет учесть взаимодействие КВМ с фоновым солнечным ветром и осуществлять прогноз прихода КВМ на орбиту Земли в режиме реального времени без использования МГД моделирования. Предложен алгоритм отбора потенциально геоэффективных КВМ на основе сопоставления КВМ с областями пониженной плотности в солнечной короне (диммингами). Данный алгоритм позволяет более точно определить положение источника КВМ на диске Солнца и направление распространения КВМ. Разработаны новые методы автоматизированной обработки КВМ, позволяющие тестировать систему прогноза прихода КВМ на орбиту Земли. Также предложена новая методика объединения результатов моделирования прихода КВМ и прогнозов скорости квазистационарных потоков солнечного ветра для получения скорректированного прогноза скорости солнечного ветра с учетом распространяющихся в нем КВМ.

**Замечания.** К диссертации имеются несколько замечаний, перечисленных ниже, которые, в основном, носят характер пожеланий для будущих исследований проблемы распространения КВМ в межпланетной среде и их

геоэффективности. Эти замечания не ставят под сомнение сделанные в работе выводы и положения, выносимые на защиту.

1) Выбранная модель распространения КВМ учитывает только скорость фонового солнечного ветра. Однако, в отсутствии столкновений, основным фактором, влияющим на динамику плазмы, является взаимодействие полей и частиц. В этой связи необходимо учитывать дрейфы в неоднородном межпланетном магнитном поле, которые влияют на направление распространения КВМ. Особенно это важно в условиях возмущенной межпланетной среды. В диссертации этот вопрос упоминается лишь вскользь, хотелось бы чтобы эта проблема была исследована более подробно.

2) На мой взгляд в диссертации не совсем корректно используется термин "геоэффективных" событий. Геоэффективность КВМ определяется не только фактом их прихода к Земле и скоростью, но и магнитной структурой, в частности, наличием сильной южной компоненты магнитного поля.

3) При обсуждении важности диммингов как корональных маркеров КВМ хотелось бы иметь информацию о критериях по которым тот или иной димминг можно считать связанным с источником КВМ (например, критерий на минимальную площадь димминга).

4) При обсуждении алгоритма создания объединенного каталога КВМ недостаточно полно обоснованы критерии выбора параметров для объединения разных событий. Например, величина времени между стартами двух событий порядка 24 часов представляется достаточно большой, особенно при высоком уровне солнечной активности, когда независимые КВМ могут происходить достаточно часто.

Также в тексте диссертации имеется некоторое количество опечаток.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации

соответствует специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Капорцева Ксения Борисовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник отдела физики космической плазмы  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт  
космических исследований Российской академии наук»

ГРИГОРЕНКО Елена Евгеньевна

10 октября 2025г.

Контактные данные:

тел.: 7(495)3331467, e-mail: grigorenko@cosmos.ru  
Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация: 01.03.03 - Физика Солнца

Адрес места работы:

117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32,  
Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН),  
отдел физики космической плазмы  
Тел.: 7(495)3331467; e-mail: grigorenko@cosmos.ru

Подпись сотрудника ИКИ РАН Е. Е. Григоренко удостоверяю:

Ученый секретарь

А. М. Садовский