

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата географических наук Соколова Антона Ивановича на тему:
«Проекции трехосного эллипсоида для отображения
рельефа на картах небесных тел»
по специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография

Диссертационное исследование А.И. Соколова посвящено получению конечных формул проекций для трёхосного эллипсоида и разработке рекомендаций по определению свойств проекций трёхосного эллипсоида и выбор наилучших проекций с точки зрения минимизации искажений на картах небесных тел. Данные разработки помогут улучшить отображение рельефа на картах поверхностей и гипсометрических картах небесных тел, в основе которых используются фотомозаики и цифровые модели поверхности.

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью разработки и усовершенствованием математической основы для карт небесных тел. Особенно это важно, когда речь идет о спутниках планет и астероидах, которые имеют различные несферические формы и далеки от традиционного эллипсоида вращения. Составление карт поверхности и гипсометрические карты небесных тел с минимальными искажениями является важным этапом в изучении этих объектов и дает важный задел на будущее в области их освоения.

Автор поставил перед собой **цель** – получить формулы и определить свойства проекций трехосного эллипсоида, которые можно было использовать при составлении карт и отображении на них рельефа и гипсометрических характеристик небесных тел, минимизировав при этом искажения. Процесс реализации этих целей разбит автором на **задачи**, среди которых анализ опыта картографирования небесных тел и выявление проекции для отображения рельефа на картах поверхности и гипсометрических картах; получение конечных формул проекций для трёхосного эллипсоида; разработка инструментария в виде программного приложения для вычисления прямоугольных координат в этих проекциях и показателей искажений; определение свойств проекций трёхосного эллипсоида и выбор наилучших проекций с точки зрения минимизации

искажений для отображения рельефа на картах поверхностей и гипсометрических картах небесных тел.

В работе четко определен **объект** – проекции трёхосного эллипсоида с различным характером искажений, и **предмет** исследования – свойства проекций трёхосного эллипсоида (величина и распределение искажений) и их влияние на отображения на картах (поверхности и гипсометрические характеристики небесных тел).

Поставленная цель определила круг задач и структуру диссертации. Она состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, двух приложений. Приложения к диссертационному исследованию составляют 30% от объема всей работы. Общий объем работы 160 страниц текста, 7 таблиц, 31 рисунок, карты помещены в приложение к работе.

Защищаемые положения. К защите представлены 3 положения:

- 1) Утверждение/рекомендация, что при условии комбинирования азимутальной и цилиндрической проекций в рамках единой компоновки и выбора переходной области в зависимости от эксцентриситетов эллипсоида наилучшими являются проекции меридианного сечения (фотокарты и карты поверхности) и проекции, сохраняющие длины вдоль меридианов (для гипсометрических карт).
- 2) Утверждение о целесообразности использования конических проекций для отображения рельефа на картах поверхности и гипсометрических картах регионального охвата.
- 3) Вывод, что разработанные равновеликие проекции пригодны для исследования поверхностей небесных тел с точки зрения соотношения площадей различных объектов и отклонения референц-поверхности от физической поверхности.

Научная **новизна** работы, по мнению соискателя, состоит в следующем:

1. Впервые получены конечные формулы ряда проекций трёхосного эллипсоида, предназначенных для отображения рельефа на картах поверхностей, фотокартах и гипсометрических картах небесных тел. Данную разработку можно легко

включить в различные ГИС-пакеты (в математические модули) и применять в дальнейшем для упрощения расчета искажений

2. Разработана программа на языке JavaScript и графического интерфейса к ней на HTML по вычислению прямоугольных координат в цилиндрических, азимутальных, конических проекциях трёхосного эллипсоида и в проекции Якоби. Программа является автономным средством расчета искажений, что дополняет и расширяет возможности п.1 новизны исследования.

Информационной базой исследования стали фотомозаики небесных тел (Planetary Science Institute) и цифровые модели поверхности (Planetary Data System), а основная обработка и визуализация данных проходила в программных пакетах Surfer и QGIS.

Результаты работы имеют **практическое значение** – могут быть рекомендованы к использованию для карт небесных тел, фигуры которых целесообразно аппроксимировать этой математической поверхностью. Разработки и программное приложение, которое создано в рамках исследования, упрощает процесс составления карт таких небесных тел, а алгоритмы расчёта показателей искажений могут быть использованы при выборе проекций для карт небесных тел.

Работа прошла апробацию на 4-х научных конференциях, включая международные, а по теме диссертации опубликовано 6 статей, в том числе 6 статей в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе ядра Российского индекса научного цитирования «eLibrary Science Index». Все публикации с соавторами, в двух из них соискатель является первым автором, индивидуальные статьи отсутствуют.

В первой главе диссертации автор дает обзор картографирования небесных тел в проекциях трехосного эллипсоида, включая подробный исторический экскурс и эволюцию применения различных проекций для планет и небесных тел. Очень подробно и последовательно описаны разработки и исследования проекций трёхосного эллипсоида, которые использовались и используются для несферических небесных тел. Отдельный раздел главы посвящен получению проекций трёхосного эллипсоида с заданным характером искажений, представляя из себя поэтапное

изложение условий для получения цилиндрических, азимутальных и конических проекций.

Вторая глава работы преимущественно посвящена получение формул проекций с последовательными вычислениями и обоснованиями. Очень важными и нужными разделом главы является часть, в которой описано вычисление координат в проекциях и показателей искажений, так как именно в этой части дается подтверждение правильного хода действий всей работы и этапом для достижения цели. Завершается глава частью про определение свойств проекций и составление карт, подтверждая на основе изокол и визуализации искажений результаты вычислений и полученные формулы.

Третья глава диссертации посвящена разработке рекомендаций по выбор наилучших проекций трёхосного эллипсоида для отображения рельефа на картах небесных тел. Фактически, автор поэтапно описывает для каких карт (фотокарт, карт поверхности и гипсометрических карт) какие проекции лучше всего подходят. Проводится визуальный анализ, делаются выводы и приводятся иллюстрации. В главе автор рассматривает составление карт для двух пространственных охватов – глобального и регионального.

Каждая глава диссертации заканчивается выводами, в которых дают рекомендации, подытоживается анализ и предлагаются авторские решения. Некоторые выводы по главам присутствуют в итоговом Заключении, а некоторые из них присутствуют в защищаемых положениях.

Завершается диссертация заключением, в котором автор систематизирует и дает результирующие выводы к проделанной работе, а также дает рекомендации на основе собственных разработок.

К работе имеется несколько **замечаний и вопросов:**

1. Одним из пунктов новизны диссертационного исследования автором указано, что разработана программа на языке JavaScript и графический интерфейс к ней на HTML. В диссертации очень сложно понять и найти информацию о данной разработке.

Фактически, в тексте работы лишь присутствует один абзац на 60 странице и 3 строчки с картинкой в виде принтскрина интерфейса на 68 странице. Если новизной и одним из достижений работы является программный комплекс, то его создание от этапов проектирования до реализации должен быть описан, а не занимать в общем объеме диссертации 0,5 страницы. Да, в работе описаны формулы и принципы определения свойств проекций, но это отнюдь не равнозначно описанию разработки программы, которая претендует на один из главных результатов.

2. В качестве информационной базы исследования и материалов для визуализации разработок используются глобальные фотомозаики небесных тел (Planetary Science Institute) и цифровые модели поверхности, доступные в системе планетных данных (Planetary Data System). Эти наборы данных используются не только для многих иллюстраций в работе, но и для создания итоговых карт. Однако в диссертации невозможно найти характеристики фотомозаик – с какого аппарата произведена съемка, как они обрабатывались, какое у них пространственное разрешение. Аналогичная ситуация с цифровыми моделями поверхности – нет никакой информации про пространственное разрешение, точность и особенности построения. Диссертационное исследование, как законченный научный труд, должно подробно описывать источники информации и давать критическую оценку их качества.

3. В работе много уделяется внимание вопросам точности, искажения линий и площадей в зависимости от параметров проекции. Включены иллюстрации на отдельные кратеры с изоколами на основе фотокарт, составленных автором, а в приложении к работе присутствуют фотокарты на спутники и астероиды. Возникает законный вопрос, было ли произведено ортотрансформирование изображений, которые легли в основу фотокарт. Особенно это важно, когда говорится о визуализации и анализе площадей отдельных кратеров. В диссертации это никак не описывается. Если и производилось ортотрансформирование, то тогда возникают вопросы к точности и качеству цифровых моделей поверхности, так как в источнике, на который ссылается автор, указано, что цифровые модели поверхности имеют большие искажения, особенно на отдельных участках и полюсах.

4. Название и содержание большей части 2 главы представляет собой техническое описание. Хотя она прежде всего должна быть посвящена методике и методическим рекомендациям. Конечно, если обратиться к содержанию главы, то там присутствуют абсолютно необходимые вещи, но местами складывается ощущение, что это техническая часть работы с хорошо проработанным математическим аппаратом. Вещи, которые относятся к технической части работы, можно было бы вынести в приложение. А из приложения, наоборот, вставить в основную часть работы некоторые иллюстрации. Соискатель претендует на степень кандидата географических наук по географической картографии, а не по технической специальности.

5. Косвенная цель диссертационного исследования состоит в том, чтобы можно было составлять различные карты небесных тел с минимальными искажениями. Любой процесс составления карт проходит этап выбора масштаба и охвата для картографируемой территории. В данном диссертационном исследовании очень мало внимания уделено масштабам карт, которые планируется создавать на основе методических и технологических разработок автора. Очень не хватает масштабных рядов для карт небесных тел, особенно для тех, которые описаны в работе. Так как сама по себе работа претендует на методическую основу для карт разных небесных тел, гипсометрических карт и карт форм рельефа, то предложения масштабных рядов просто напрашиваются. В свою очередь, в самой работе автор оперирует термином «охват» и даже использует его в названии разделов 3 главы, но остаются всё же вопросы, что подразумевает автор под термином глобальный и региональный охват? Рисунки, которые приводит автор в этих разделах, иллюстрируют отдельные территории. А есть ли макро и субрегиональный охват для карт небесных тел? Что есть локальный охват, если в работе проиллюстрированы отдельные кратеры, но раздел описывает региональный охват?

6. Практическая значимость работы для составления карт и отображения рельефа небесных тел в мелком масштабе, или в глобальном охвате, как описывает автор, не вызывает сомнения. Остаются вопросы насчет крупных масштабов и локальных/ультралокальных территорий, так как составление карт местности и рельефа на участки, где предполагается посадка космического аппарата или

спускаемого модуля, имеются важнейшее прикладное значение. Планы местности и их точность являются залогом успешной космической миссии.

7. К работе имеется еще ряд мелких замечаний:

7.1) На рисунке 21 в схеме написано «Цифровая модель поверхности», а в тексте рядом с рисунком написано «Цифровая модель рельефа». В остальной же работе используется термин «цифровая модель поверхности»;

7.2) В Заключении к работе дается вывод, что «В случае значительных экваториального и полярного сжатий искажения в проекциях меридианного сечения возрастают, поэтому наилучшей для таких небесных тел является проекция Якоби», но почему-то это утверждение не попало в защищаемые положения, хотя несет в себе важное методическое значение и практическую рекомендацию;

7.3) Несколько раз в работе упоминается «компоновка Шингаревой», но в учебных пособиях по оформлению карт и их компоновке нет упоминаний про отдельные разработки Киры Борисовны;

7.4) Для вычисления высот Гипериона автором использована цифровая модель рельефа, созданная в Комплексной лаборатории исследования внеземных территорий МИИГАиК, но ни во «Введении» диссертации, ни в автореферате она не указана как источник данных;

7.5) Автором предлагается использовать опорные точки с шагом 4° для трансформирования фотомозаик и дается вывод, что это является достаточным для фотокарты. На основании чего сделан такой вывод, для всех ли небесных тел подходит такой шаг и какие могут быть рекомендации по шагу опорных точек для объектов несферической формы и с сильно расчлененным рельефом?

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация Соколова А.И. отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография (по географическим наукам), а также критериям,

определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Соколов Антон Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография.

Официальный оппонент:

кандидат географических наук,
заведующий отделом картографии
и дистанционного зондирования Земли
ФГБУН «Институт географии РАН»
МЕДВЕДЕВ Андрей Александрович



подпись

26.11.25

Дата подписания

Контактные данные:

тел.:  e-mail: 

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
25.00.33 – Картография
25.00.36 – Геоэкология

Адрес места работы:

119017, (Россия) г. Москва, Старомонетный пер., д. 29, стр. 4
ФГБУН Институт географии РАН, Отдел картографии и дистанционного зондирования Земли
Тел.: +7(495)959-38-49; e-mail: map@igras.ru

Подпись сотрудника ФГБУН «Институт географии РАН»
А.А. Медведева удостоверяю:

Подпись руки тов. 
занеряю

Зав. канцелярией

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии Российской академии наук

