

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор МГУ имени М.В.Ломоносова
начальник Управления научной политики

д.ф.-м.н., профессор А. А. Федянин



« 04 » _____ 2021 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации — Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
на диссертационную работу **Бляхарского Дмитрия Петровича**
*«Методика моделирования ледниковых поверхностей по данным беспилотной
аэрофотосъемки»*, представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 25.00.34 — Аэрокосмические исследования
Земли, фотограмметрия

I. Актуальность темы диссертационного исследования

Работа Дмитрия Петровича Бляхарского связана с моделированием рельефа ледниковых поверхностей по данным аэрофотосъемки, выполненной с помощью беспилотных авиационных систем (БАС). Изучение состояния и динамики ледников — одна из важных проблем исследований в области криосферы Земли. Ледники являются индикаторами климатических изменений и одновременно важным звеном в гидрологическом цикле. Площадь ледников сокращается в связи с глобальными изменениями климата, при этом меняется режим рек, которые получают ледниковое питание. Помимо этого, горные ледники характеризуются высокой подвижностью и разнообразием сопряженных с ней опасных процессов. Использование БАС открывает принципиально недоступные ранее возможности моделировать геометрию ледника с высокой детальностью и точностью, следить за её динамикой. В связи с этим работа Д. П. Бляхарского несомненно актуальна.

II. Оценка содержания и качества работы

Работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы (212 наименований) и 2 приложений. Общий объем рукописи составляет 192 страницы, которые включают 41 рисунок и 12 таблиц.

Во введении показана актуальность темы, представлены цель и задачи работы, научная новизна, защищаемые положения, теоретическая и практическая значимость работы, степень достоверности исследования (так, как их видит автор). Указаны также сведения об апробации результатов исследования, а также дана оценка личному вкладу соискателя в выполнение работы.

В первой, вводной главе диссертации, автор дает общую характеристику проблемы, обсуждает ее основные вопросы, делает обзор международного опыта в этой области. Из материалов, изложенных в этой главе, с одной стороны, можно составить мнение, что автор диссертации, безусловно, уверенно владеет материалом и знает проблему. С другой стороны, представленный обзор литературы изложен в хронологической форме и сделан в виде констатации наличия тех или иных разработок. Однако критическое обобщение не сделано, выводы помещены в конец главы и весьма скупы, из них не следуют задачи исследования. Качественный литературный обзор должен выявлять существующие пробелы и путем их анализа подводить читателя к постановке актуальности и цели диссертационного исследования. Помимо этого, в обзоре упущено, что ледники активно картографировали уже в середине 20-го века по материалам фототеодолитных съемок и аэрофотосъемок, например, ледники Эльбруса (в 1957-59, и в более поздние годы), см. «Атлас Ледников Эльбруса», работы Е. А. Золотарева, Е. Г. Харьковца и других картографов и фотограмметристов.

Во второй и третьей главах диссертации автор описывает конструктивные особенности БАС и технологию использования этих систем для аэрофотосъемки. Даются также содержательные рекомендации по использованию БАС, частично заимствованные из пользовательских руководств, а частично — из практического опыта самого соискателя.

Следует, однако, заметить, что, описывая использование БАС для построения цифровых моделей рельефа (ЦМР), автор не приводит никаких соотношений, лежащих в основе такого построения. В диссертации по техническим наукам столь поверхностный стиль изложения представляется неуместным. Кроме того, не разъясняется метод расчета широко используемых автором кривизн по дискретным значениям профиля, двукратное дифференцирование которых в исходном виде влечет за собой большие погрешности.

Отметим также, что некоторые разделы глав 2 и 3 написаны в стиле методических рекомендаций, форма которых не позволяет установить их авторство. Например, следующие утверждения: «Следует использовать калиброванные камеры» (стр. 64), «следует устанавливать избыточное перекрытие...» (стр. 74), «аэрофотосъемку [...] следует выполнять только в ясную солнечную погоду...» (стр. 85) и мн. др. Получены ли они благодаря разработкам диссертанта, или он почерпнул их в литературных источниках?

Четвертую главу диссертации, озаглавленную «Определение динамических гляциологических характеристик горных ледников геоморфометрическим способом», в некоторой степени можно считать основной оригинальной частью работы, в то время как предыдущие главы посвящены подготовке к изложению полученных в диссертации научных результатов. В этой главе приводится описание района экспедиционных исследований; методика разновременного сопровождения беспилотной аэрофотосъемки и основные результаты (представленные в виде аэрофотоснимков); геоморфометрический способ расчета динамических характеристик (ледниковых поверхностей); а также подробности апробации разработанного способа. По ходу изложения автор демонстрирует владение различным программным обеспечением.

На стр. 98 работы приведены 2 широко известные формулы (4.1) и (4.2) для ошибки разности высот в каждом пикселе. Однако при этом не сказано главное — что понимает автор под «скоростью опускания» ледника — скорость ли движения фиксированных (индивидуальных) частиц ледника (как в методе Лагранжа) или скорость различных частиц ледника, приходящих в данный момент времени в данную точку пространства (как в методе Эйлера). Ведь ледник может «сползать» (двигаться) вниз, однако при этом высоты точек его поверхности могут не изменяться во времени (при так называемом установившемся движении). Не разъяснено также, что понимается под горизонтальной скоростью движения ледника, ведь это не скорость его отдельных индивидуальных частиц. Также ледник может двигаться и с большой вертикальной скоростью, а вертикальные смещения его поверхности в пространстве оставаться неизменными. Здесь же автор делает расчет и сравнение значений высот ледника, однако не объясняет, как это делается. Все эти принципиальные моменты весьма важны для понимания происходящих процессов, однако необходимых разъяснений по ним в диссертации найти не удалось.

Пятая глава диссертации посвящена геоморфометрическому способу выявления скрытых ледниковых трещин, который включает в себя такие этапы как расчет ЦМР с различным пространственным разрешением, сглаживание ЦМР для подавления высокочастотного шума, расчет морфометрических величин, контроль распознавания трещин, а также определение наилучшей морфометрической модели. Однако и в данной главе автор выдерживает принятый стиль изложения – никаких формул и преобразований, только иллюстративный материал и словесные описания. Приводятся численные данные некоторых распознанных трещин, однако как это сделано — не подтверждено числовыми трансформациями, поэтому дать обоснованную оценку надежности результатов проблематично.

Помимо этого, автор устанавливает, что разработанный метод выявления трещин на ледниках по горизонтальной и минимальной кривизне не дал преимущества по сравнению с традиционными методами текстурного анализа Харалика. Возникает вопрос – в чем преимущество метода? (В тексте диссертации на это есть ответ — методы распознали разные трещины и взаимодополняют друг друга, но в автореферате это не отражено).

Шестая глава диссертации является как бы дополнением к основной работе, иллюстрирующим возможности практического применения разработанных подходов на конкретном географическом объекте. Она описывает исследование катастрофического проседания ледовой поверхности на леднике Долк (Восточная Антарктида) в январе 2017 г. В результате интерпретации полученных данных автор формулирует предполагаемый механизм проседания ледника.

III. Общие замечания по диссертационной работе

Работа, несомненно, имеет ряд положительных сторон. Налицо солидная практическая обоснованность и апробация исследования, использование современных технологий и оборудования. Все работы, включая полевые, осуществлены при непосредственном участии автора. Используются уникальные материалы аэрофотосъемки ледников Антарктиды и горных территорий, полученные автором самостоятельно и в рамках коллективной работы. Картографические результаты выглядят географически достоверными.

В то же время, помимо частных замечаний, приведенных ранее при разборе содержания работы, к ней можно выдвинуть также **ряд общих замечаний**:

1. В работе не везде выдерживается научный стиль письменной речи. Это, в частности, приводит к тому, что в некоторых местах не удаётся отделить оригинальные авторские мысли от утверждений, не принадлежащих автору. См., например, замечания по методическим рекомендациям из 2 главы. При этом ряд важных утверждений в исследовательской части работы не сопровождается ссылками. Например, «Утверждение, что все скрытые трещины совершенно незаметны на ортофотоплане – ошибочно» (стр. 127). Кто это утверждал? Кто это опроверг (указал ошибочность)? Если это сделал автор работы, то следовало бы подкрепить опровержение демонстрацией ортофотоплана с распознанными на нём трещинами. Это не единичный пример, таких утверждений можно найти несколько десятков.
2. Неудачные формулировки выводов по главам. Часть выводов тривиальна (например, утверждение о том, что съёмка с БАС не позволяет получить рельеф под пологом леса), часть не подкрепляется материалом работы или не имеет к ней отношения (о получении ЦМР на городскую территорию), часть сформулирована нечётко или слишком общо.
3. Автор трактует термин «алгоритм» в его общем понимании — как последовательность действий, представленную в графической и описанную в словесной форме (например, см. параграф 4.3 — алгоритм геоморфометрического расчета характеристик объекта). В то же время, в диссертации по техническим наукам хотелось бы видеть алгоритмы в вычислительном виде, снабженные необходимым математическим аппаратом. При имеющемся же изложении остается непонятным, как и каким образом производятся трансформация числовых массивов, которая анонсируется в наименованиях блоков, представленных на схемах.
4. В автореферате и самой работе не сформулированы как таковые защищаемые положения. В представленной работе на защиту выносятся сами методики, при этом не дана их характеристика. При этом защищаемое положение должно представлять собой некое утверждение, которое можно доказать (защитить) или опровергнуть (соответственно, не защитить). Например: «Разработанная методика беспилотной аэрофотосъемки горных и покровных ледников позволяет...», после чего идет утверждение, что именно позволяет сделать эта методика.

5. В работе не отражены некоторые факторы, влияющие на качество результатов, а именно: зависимости характеристик съёмочной системы, высоты полёта и требуемого пространственного разрешения ЦМР/Фотоплана (просто указано необходимое перекрытие 50% на 70%); особенности работы электроники БАС в полярных районах (устойчивость и качество местопределения системами GPS и ГЛОНАСС, магнитные аномалии)?
6. В работе приводится много избыточной информации, не используемой в исследовании. Например, совершенно лишнее описание функций программы для планирования залёта.
7. Присутствует заметное число опечаток, неточностей и неаккуратностей в вёрстке.

IV. Научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, форма представления материала исследования

Анализ содержания диссертационной работы, автореферата, а также опубликованных работ позволяет выделить ряд аспектов новизны результатов, полученных автором.

1. Разработана оригинальная методика проведения беспилотной аэрофотосъёмки в сложных условиях горного и покровного оледенения с использованием в качестве опорной информации центров проекций снимков. В частности, показано, как можно учесть и снизить влияние таких негативных факторов как отрицательные температуры, вертикальные движения воздуха, обледенение.
2. Разработана оригинальная методика фотограмметрической обработки материалов беспилотной аэрофотосъёмки, которая обеспечивает получение ЦМР ледниковых поверхностей, обладающих точностью и качеством, необходимым для последующего геоморфометрического моделирования. В частности показано, что аэрофотосъёмка ледника без наземного планово-высотного обоснования позволяет получить материалы приемлемой точности.
3. Показана возможность применения цифровых моделей высот ледниковых поверхностей, получаемых на основе материалов аэрофотосъёмки с БПЛА, и обосновал достоверность получаемых результатов. В частности, для выявления скрытых ледниковых трещин можно использовать растры морфометрических величин (горизонтальной кривизны, вертикальной кривизны, минимальной кривизны, водосборной площади).

4. Соискатель предложил оригинальную интерпретацию катастрофического проседания на леднике Долк. Несмотря на то, что анализ и интерпретация результатов находятся скорее в компетенции профильных специалистов (гляциологов), аргументы соискателя выглядят весьма убедительно.

V. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Исследование Д. П. Бляхарского опирается на широкую теоретическую базу, включающую труды как отечественных, так и зарубежных ученых. При работе учтены результаты современных исследований ледников в разных странах мира. Результаты широко опубликованы в международных и российских научных изданиях, представлены на множестве конференций. Применяемые автором подходы в общих чертах соответствуют тем целям и задачам, которые поставлены в диссертации. Выводы и заключения, сделанные в работе, базируются на полученных лично автором полевых данных, обоснованы конкретными количественными результатами и картами, соответствуют им. В то же время, достоверность полученных результатов не вполне убедительна в силу того что математический аппарат используемых в работе методов представлен слабо, за исключением формул для вычисления кривизн в Приложении 1.

VI. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Полученные в работе Д. П. Бляхарского результаты будут полезны всем специалистам, которые занимаются исследованием ледников с помощью дистанционных методов, а также применяют беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в своей работе. В диссертации нашёл отражение личный опыт соискателя, касающийся организации работ в сложных условиях приледниковых областей. Среди перечисленных автором трудностей, для которых найден способ уменьшения или устранения влияния, следует отметить отрицательные температуры, вертикальные движения воздуха, обледенение. Опыт Д. П. Бляхарского будет чрезвычайно полезен при организации работ в аналогичных условиях. Помимо этого, в работе выполнена оценка точности ЦМР, получаемых без использования наземных опорных точек. Приведённые показатели представляют интерес для всех исследователей, применяющих БПЛА в своих работах.

VII. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Д. П. Бляхарского представляет собой комплексное, завершенное, самостоятельное научное исследование, в котором наглядно раскрыт потенциал использования беспилотной аэрофотосъемки для моделирования и исследования ледниковых поверхностей.

Выполненное исследование в точности отвечает пункту 4 паспорта специальности 25.00.34 — Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия: Теория и технология дешифрирования изображений с целью исследования природных ресурсов и картографирования объектов исследования.

Результаты диссертационной работы Д. П. Бляхарского отражены в ряде публикаций в журналах, индексируемых системами Web of Science и /или Scopus, а также входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов ВАК, были апробированы в рамках научных конференций в течение нескольких лет.

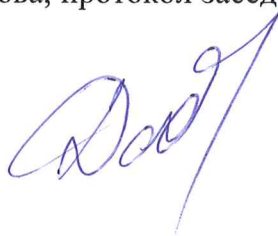
Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Замечания, высказанные в настоящем отзыве, не отменяют общего впечатления о том, что Д. П. Бляхарский выполнил квалифицированную работу, которая завершилась получением новых методических и практических результатов, а также знаний о конкретных ледниковых объектах, в том числе с использованием уникальных полевых данных о рельефе их поверхности.

Подводя общий итог, можно заключить, что диссертационная работа Д. П. Бляхарского *«Методика моделирования ледниковых поверхностей по данным беспилотной аэрофотосъемки»* соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013, №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, **Бляхарский Дмитрий Петрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 — Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия.**

Отзыв подготовлен доктором географических наук, профессором Лурье Ириной Константиновной; кандидатом географических наук, ведущим научным сотрудником Тутубалиной Ольгой Валерьевной; кандидатом географических наук, ведущим научным сотрудником Самсоновым Тимофеем Евгеньевичем; кандидатом географических наук, инженером Энтиным Андреем Львовичем. Обсужден и одобрен на заседании кафедры картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, протокол заседания №15 от 26 мая 2021 г.

Декан географического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова,
доктор географических наук,
член-корреспондент РАН



Добролюбов
Сергей Анатольевич

Заведующий кафедрой
картографии и геоинформатики
географического факультета,
доктор географических наук,
профессор



Лурье
Ирина Константиновна

Ведущий научный сотрудник
кафедры картографии и геоинформатики,
кандидат географических наук



Тутубалина
Ольга Валерьевна

Ведущий научный сотрудник
кафедры картографии и геоинформатики,
кандидат географических наук



Самсонов
Тимофей Евгеньевич

Инженер
кафедры картографии и геоинформатики,
кандидат географических наук



Энтин
Андрей Львович

Федеральное государственное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

Адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

Адрес официального сайта в сети «Интернет»: <http://www.msu.ru>

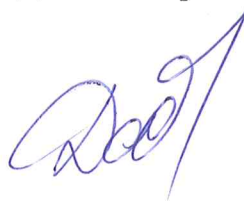
Адрес электронной почты: info@rector.msu.ru

Телефон: +7 (795) 939-10-00

Согласие на обработку персональных данных

Я, Добролюбов Сергей Анатольевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело Д. П. Бляхарского и их дальнейшую обработку

«08» июня 2021 г.



С. А. Добролюбов

Я, Лурье Ирина Константиновна, даю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело Д. П. Бляхарского и их дальнейшую обработку

«08» июня 2021 г.



И. К. Лурье

Я, Тутубалина Ольга Валерьевна, даю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело Д. П. Бляхарского и их дальнейшую обработку

«08» июня 2021 г.



О. В. Тутубалина

Я, Самсонов Тимофей Евгеньевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело Д. П. Бляхарского и их дальнейшую обработку

«08» июня 2021 г.



Т. Е. Самсонов

Я, Энтин Андрей Львович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело Д. П. Бляхарского и их дальнейшую обработку

«08» июня 2021 г.



А. Л. Энтин