

Организаторы конференции:

Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии;
Университет ИТМО;
Кафедра картографии и
геоинформатики СПбГУ

При поддержке:

Санкт-Петербургский горный университет
(кафедра инженерной геодезии);
Управления Федеральной службы государственной
регистрации, кадастра и картографии по Санкт-Петербургу;
Торсон Corporation;
ООО «Геодезические приборы»;
ООО «НПП «Фотограмметрия»;
ООО «Геоскан»;
АО «Аэрогеодезия»
ООО «ЭСТИ»

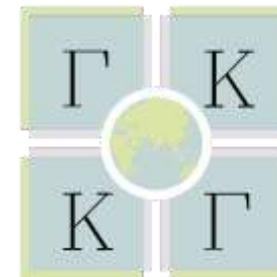
Информационные партнеры (журналы):

«Геопрофи»;
«Изыскательский вестник»;
Связь предоставляет «Телфин»



ГеоКа 2021

GeoCa



ГеоКа 2021 GeoCa

**ГЕОДЕЗИЯ, КАРТОГРАФИЯ,
ГЕОИНФОРМАТИКА И КАДАСТРЫ.
ПРОИЗВОДСТВО И
ОБРАЗОВАНИЕ.**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ IV ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Санкт-Петербург / Saint-Petersburg
2021 г.



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ГЕОДЕЗИИ
И КАРТОГРАФИИ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО
КАФЕДРА КАРТОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ СПбГУ

**ГЕОДЕЗИЯ, КАРТОГРАФИЯ,
ГЕОИНФОРМАТИКА И КАДАСТРЫ.
ПРОИЗВОДСТВО И ОБРАЗОВАНИЕ.**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ IV
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**



ПОЛИТЕХНИКА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
Санкт-Петербург 2021

УДК 528.2/.5; 528.48; 528.4; 528.8; 528.9; 681.3

ББК 26.1; 26.222; 32-5

Г35

Редакционная коллегия:

А.С Богданов, В.В Потехин, О.А. Лазебник, И.Е Сидорина,

Е.А. Паниди, С.В. Тюрин (ученый секретарь)

Научный редактор И.Е Сидорина

Г35

Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Производство и образование. Сб. материалов IV Всероссийской науч.- практ. конф. 2021 г., Санкт-Петербург / Науч. ред. И.Е Сидорина. — СПб.: Политехника, 2021. — 490 с.: ил.

DOI: 10.25960/7325-1191-8

IBSN 978-5-7325-1191-8

В сборник вошли материалы IV всероссийской научно-практической конференции «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Производство и образование», ставящей целью обмена опытом и результатами инновационных исследований и практической деятельности в области геодезии, картографии, геоинформатики и кадастров и подготовки кадров в условиях перехода к цифровой экономике.

Сборник адресован специалистам геодезических и картографических предприятий, производителям и поставщикам программного обеспечения, геодезического, картографического и геоинформационного оборудования, научным работникам, преподавателям образовательных учреждений, а также студентам и аспирантам, исследующим как теоретические, так и прикладные аспекты развития геодезии, картографии, геоинформатики и кадастров.

УДК 528.2/.5; 528.48; 528.4; 528.8; 528.9; 681.3

БК 26.1; 26.222; 32-5

DOI: 10.25960/7325-1191-8

IBSN 978-5-7325-1191-8

© Санкт-Петербургская ассоциация
геодезии и картографии, 2021

© Коллектив авторов, 2021

ANNOTATION. The article reviews how the airborne laser scanning with unmanned aerial vehicles works. The general technology of works is represented, the advantages are highlighted and the accuracy is evaluated.

УДК 528.7

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЛЬЕФА КРАЕВОЙ ЧАСТИ
ВЫВОДНОГО ЛЕДНИКА ДОЛК (ЗАЛИВ ПРЮДС, ВОСТОЧНАЯ
АНТАРКТИДА) ПО ДАННЫМ БЕСПИЛОТНЫХ
АЭРОФОТОСЪЕМОК**

Т.Н. Скрыпицына^{1*}, В.Г. Захаров², А.С. Киселева¹, Д.П. Бляхарский³,
Г. Цяо⁴, С. Юань⁴, И.В. Флоринский⁵
*mola_mola@rambler.ru

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии,
Москва, Россия

² Геологический институт РАН, Москва, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-
Петербург, Россия

⁴ Университет Тунцзи, Шанхай, Китай

⁵ Институт математических проблем биологии РАН – филиал
Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Пущино,
Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: беспилотные воздушные суда, фотограмметрия, геоморфометрия, цифровая модель рельефа, поверхность ледника, рельеф.

АННОТАЦИЯ. Исследование посвящено изучению изменений края и рельефа поверхности выводного ледника Долк (Восточная Антарктида), которые, являются объективными индикаторами изменений циркуляционных и климатических условий у антарктических побережий. В работе представлены данные, полученные с помощью беспилотных воздушных судов для моделирования рельефа поверхности ледника Долк и получения характеристик его движения, положений края и высоты поверхности с большой точностью.

Введение

Состояние ледникового покрова Антарктиды и его реакция на циркуляционные процессы, происходящие в океане и атмосфере, оцениваются по его размерам и изменениям положения края антарктических ледников [1]. В представленной работе обсуждаются результаты применения данных, полученных с беспилотных воздушных судов (БВС), для моделирования рельефа поверхности ледников в Антарктиде с целью анализа и оценки динамики их состояния. Исследования и беспилотная аэрофотосъемка проводились российско-китайским научным коллективом на востоке низкогогорного оазиса холмы Ларсеманн в краевой части выводного ледника Долк (Восточная Антарктида). Приливный выводной ледник Долк впадает в юго-восточную часть залива Прюдс берега Ингрид Кристенсен. Длина ледника составляет 15 км, высота поверхности колеблется от 50 м до 140 м над у. м.

Участок исследований площадью 2,8 км² располагался в краевой части выводного ледника Долк, на котором были произведены беспилотные аэрофотосъемки: российские – в полевой сезон 2016–2017 гг.; китайские – в полевой сезон 2018–2019 гг.

Такой набор данных используется для изучения данного региона впервые.

Аэрофотосъемка

Аэрофотосъемка проводилась БВС Геоскан 201 Геодезия 20 января и 9 февраля 2017 года. БВС оснащен модемом для телеметрической связи с наземным пультом управления с портативного компьютера (GCS), цифровой камерой Sony DSC-RX1 видимого диапазона с полевой калибровкой и камерой Carl Zeiss Vario Sonnar. Для определения координат центров проекции снимков (КЦП) использовался приемник GNSS Topcon b110 (GPS / ГЛОНАСС, L1 / L2). Точность синхронизации камеры и приемника GNSS составляет 1 мс, что позволяет определять КЦП снимков с планиметрической и вертикальной точностью до 2 см и 3–4 см, соответственно [2].

Китайская беспилотная аэрофотосъемка проводилась 14 января 2019 года БВС коптерного типа DJI Phantom 4 RTK. Управление квадрокоптером осуществлялось по радиоканалу с помощью пульта

дистанционного управления. Съемка проводилась штатной камерой с центральным механическим затвором и фокусным расстоянием 8.8 мм. Определение координат центров фотографирования осуществлялось в режиме RTK (Real Time Kinematic) от установленной в зоне полета мобильной станции DJI D-RTK2, которая в режиме реального времени осуществляет передачу поправок на борт квадрокоптера.

Фотограмметрическая обработка

Камеральная фотограмметрическая обработка всех трех проектов осуществлялась в программном обеспечении российского производства Agisoft Metashape Professional.

Первый блок (от 20 января 2017) уравнивался только по высокоточным центрам проекции снимков. Средне квадратическая ошибка (СКО) фототриангуляции составила 0,05 м в плане, 0,06 м по высоте. Чтобы минимизировать систематические ошибки, возникающие при фототриангуляции только по координатам центров проекции, при фотограмметрической обработке более поздних блоков в качестве геодезического обоснования было решено использовать координаты твердых контуров, измеренные в первом проекте. СКО фототриангуляции второго блока (от 9 февраля 2017) составила 0,04 м в плане и 0,02 м по высоте на опорных точках и 0,012 м в плане, 0,36 м по высоте на контрольных измерениях; СКО фототриангуляции третьего блока (от 14 января 2019) составила 0,11 м в плане и 0,17 м по высоте на опорных точках и 0,05 м в плане, 0,23 м по высоте на контрольных измерениях

Для исследований были выделены два участка: первый участок ледника покрывался съемками 20 января 2017 и 14 января 2019, его размеры составили 2000 × 1400 м. Второй – общий для трех съемок – имел размеры 825 × 950 м.

На эти участки были построены цифровые модели поверхности (ЦМП) с пространственным разрешением 0,5 м и ортофотопланы с пространственным разрешением 0,2 м.

Результаты и обсуждение

Для того, чтобы оценить двухлетние изменения рельефа ледника Долк, скорость и характер смещения (подвижек) его фронта, все

полученные данные были экспортированы в геоинформационную систему QGIS в системе координат WGS 84 UTM 43S.

Общая картина вертикальных смещений путем вычитания ЦМП 2019 года из ЦМП 2017 г. На карте (рис.) в цветовой шкале отображены разности высот двух поверхностей ледника, которые возникли в результате подвижки в виде карты разности (а) и трехмерной модели (б). Голубой цвет – область оттока льда к краю ледника, Оранжевый и коричневый – область привноса льда к краю ледника.

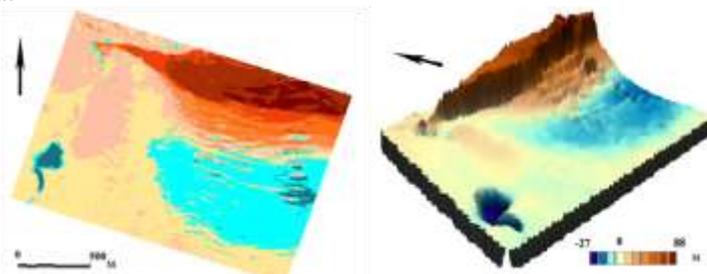


Рисунок. Визуализация вертикальных изменений ледника Долк за период с 2017 года по 2019 год. В левом нижнем углу провал, произошедший 30 января 2017 г.

Горизонтальная подвижка была определена путем дешифрирования идентичных элементов трещин по ортофотопланам и ЦМП 2017 и 2019 годов. Координаты точек измерялись по ортофотоплану, а высоты по ЦМП. Всего уверенно удалось опознать 14 точек. Средняя подвижка составила 423 м.

Утром 30 января 2017 у скал левого борта ледника Долк произошло внезапное обрушение льда и появление крупного осушенного провала – широкой и глубокой впадины на поверхности льда с координатами 69°23'58" ю.ш., 76°24'49" в.д. Это событие привлекло внимание ученых [3–6]. Поэтому далее мы исследовали совместно два процесса: подвижку ледника и образование провала. Были проведены продольные и поперечные профили в разных частях исследуемых участка, которые позволили уточнить ледниковые подвижки; характер нарастания ледовой массы; определены

изменения рельефа поверхности и скорости движения разных частей ледника. Эти данные позволили дать объяснение причинам появления провалов у скал западного борта ледника: при ледниковых подвижках происходило растяжение тела ледника с понижением поверхности и образованием свежих зон трещин. Через такие зоны растяжения происходил спуск воды внутрь ледника Долк, вследствие чего на поверхности проявлялись провалы подледных озер.

Таким образом, по результатам трех беспилотных аэрофотосъемок – 20 января и 9 февраля 2017 (Россия) и 14 января 2019 (Китай) – были данные, которые, позволили получить более полную и наглядную картину пространственно-временной динамики ледника Долк. В результате наших исследований была выявлена подвижка ледника Долк и высказано предположение о гляциотектонической и циркуляционной причинах спуска воды из двух прискальных подледных озер, обрушению линз их ледяных сводов и образованию в 2017 году глубоких осушенных провалов.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ и ГФЕН Китая, гранты № 20-51-53016 и № 42011530088

Литература

1. Захаров, В.Г. Колебания ледников Антарктиды. — М. : Аккоринформиздат. — 1994. — 128 с.
2. Florinsky, I.V., Skrypitsyna, T.N., Bliakharskii, D.P., Ishalina, O.T., Kiseleva, A.S. Towards the modeling of glacier microtopography using high-resolution data from unmanned aerial survey // *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* — 2020. — V. XLIII-B2-2020. — P. 1065–1071
4. Попов, С.В., Боронина, А.С., Пряхина, Г.В., Григорьева, С.Д., Суханова, А.А., Тюрин, С.В. Прорывы ледниковых и подледниковых озер в районе холмов Ларсеманн (Восточная Антарктида) в 2017–2018 гг. // *Геориск.* - 2018. — Т. 12. - № 3. — С. 56–67
5. Li, T., Zhang, B., Xiao, W., Cheng, X., Li, Z., Zhao, J. UAV-Based photogrammetry and LiDAR for the characterization of ice morphology evolution // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing.* - 2020. — Т. 13. — С. 4188 – 4199

6. Boronina, A., Popov, S., Pryakhina, G., Chetverova, A., Ryzhova, E., Grigoreva, S. Formation of a large ice depression on Dǎlk Glacier (Larsemann Hills, East Antarctica) caused by the rapid drainage of an englacial cavity // Journal of Glaciology. - 2021. doi:10.1017/jog.2021.58

INVESTIGATING CHANGES IN THE TOPOGRAPHY OF THE MARGIN OF THE DǎLK OUTLET GLACIER (PRYDZ BAY, EAST ANTARCTICA) FROM UNMANNED AERIAL SURVEY DATA

T.N. Skrypitsyna^{1*}, V.G. Zakharov², A.S. Kiseleva¹, D.P. Bliakharskii³,
G. Qiao⁴, X. Yuan⁴, I.V. Florinsky⁵

* *mola_mola@rambler.ru*

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

² Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Saint Petersburg University, St. Petersburg, Russia

⁴ Tongji University, Shanghai, China

⁵ Institute of Mathematical Problems of Biology, Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

KEY WORDS: UAS, photogrammetry, geomorphometry, digital elevation model, glacier surface, topography.

ANNOTATION. The study is devoted to investigating changes in the margin and surface topography of the Dǎlk Outlet Glacier (East Antarctica), which are objective indicators of changes in the circulation and climatic conditions near the Antarctic coasts. This paper presents data obtained using unmanned air vehicles to model the surface topography of the Dǎlk Outlet Glacier and obtain its motion characteristics, edge positions and surface elevations with great accuracy.

Acknowledgements

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research and National Natural Science Foundation of China, grants ## 20-51-53016 and 42011530088.