Проект геоморфометрического атласа свободных от оледенения территорий Антарктики

И.В. Флоринский

Институт математических проблем биологии РАН – филиал ФИЦ «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН», Пущино

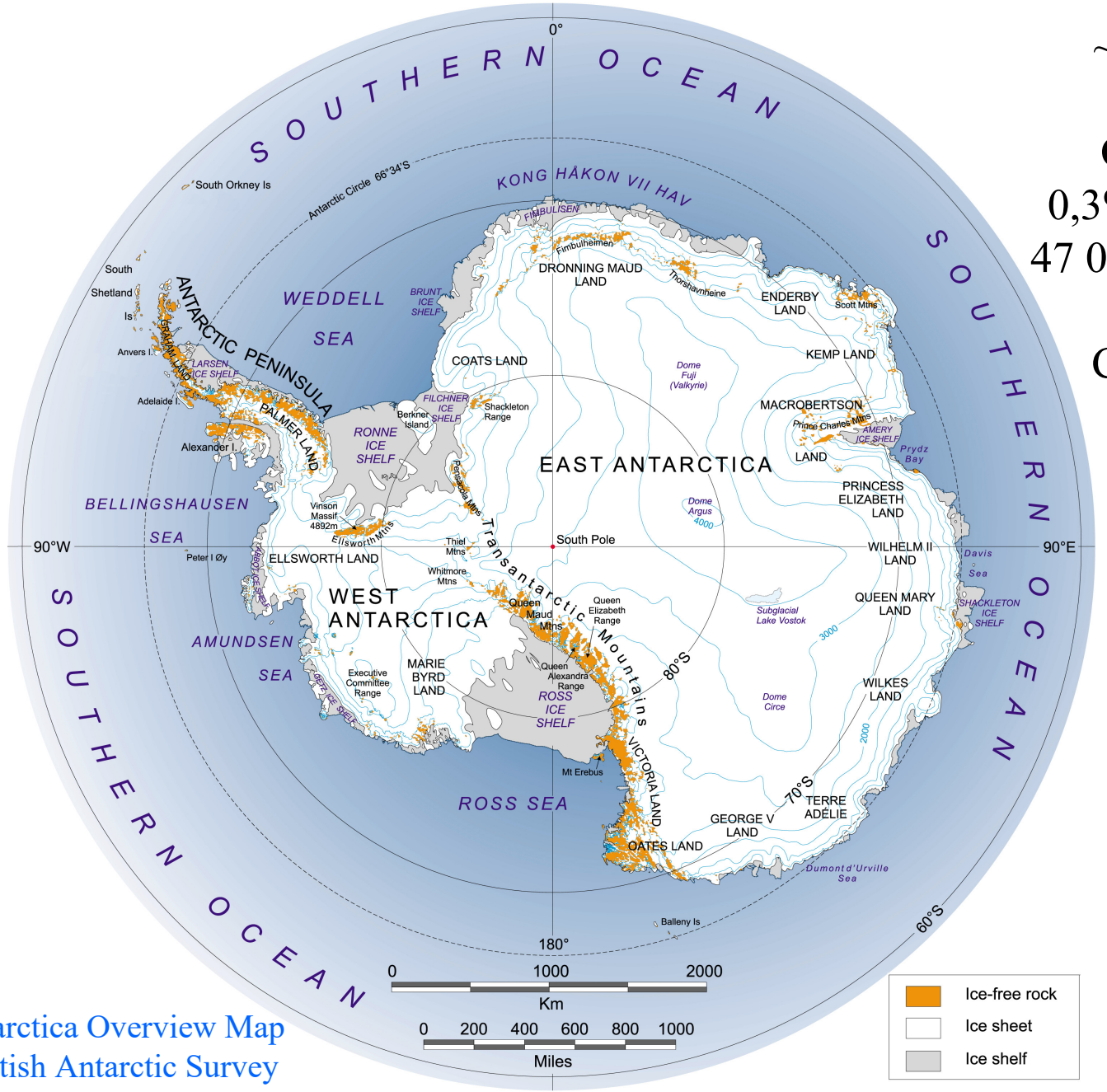
Типы территорий

1. Антарктические оазисы
   - пришельфовые
   - прибрежные
   - горные
2. Острова
3. Горные хребты и нунатаки

Природные особенности

- Микроклимат
- Непромерзающие сезонные ручьи и озера
- Примитивные почвы и биота

Свободные от ледникового покрова территории Антарктики



~ 200 территорий

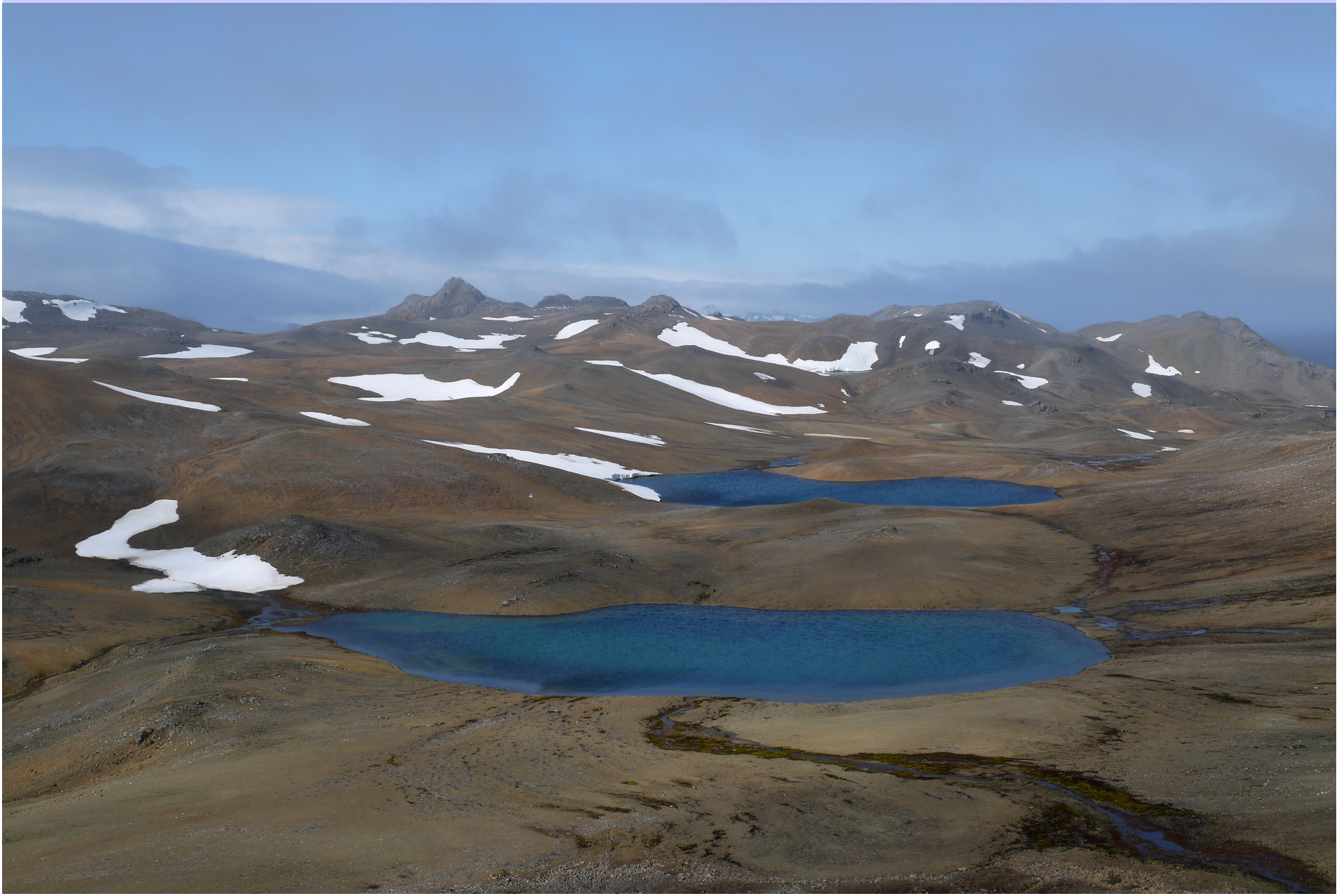
Общая площадь:
0,3% – 1% континента
47 000 км² – 141 000 км²

Средняя площадь
300 км²

Antarctica Overview Map
British Antarctic Survey

Типичный ландшафт оазиса (холмы Ларсеманн)

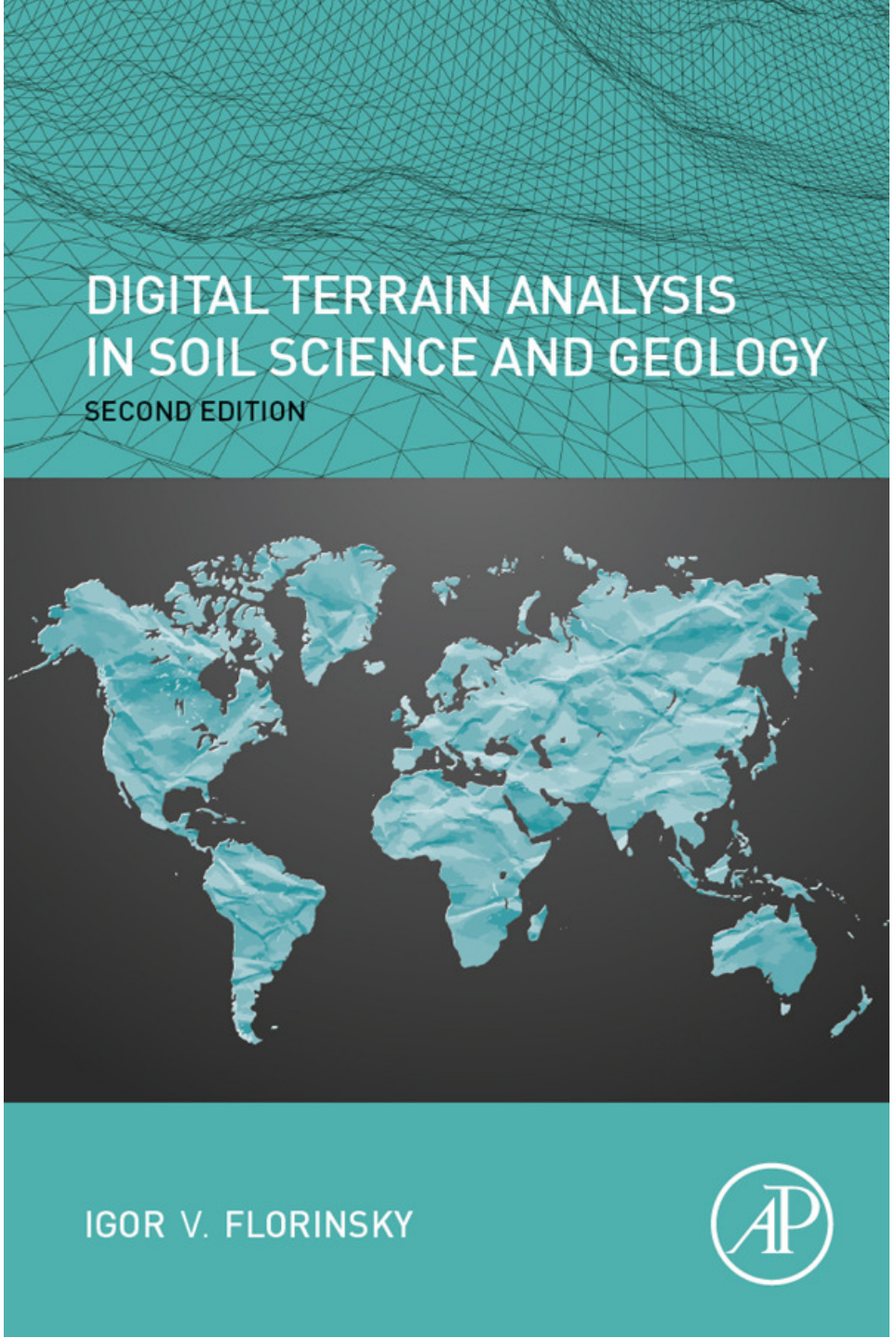
Типичный ландшафт острова (полуостров Файлдс, остров Кинг-Джордж)



Типичный нунатак

Геоморфометрия

Научная дисциплина с развитой физико-математической теорией и мощным аппаратом вычислительных методов, сформировавшаяся на стыке фотограмметрии, геоинформатики и вычислительной математики, предметом которой является математико-картографическое моделирование и анализ рельефа, а также взаимосвязей между рельефом и другими компонентами геосистем.



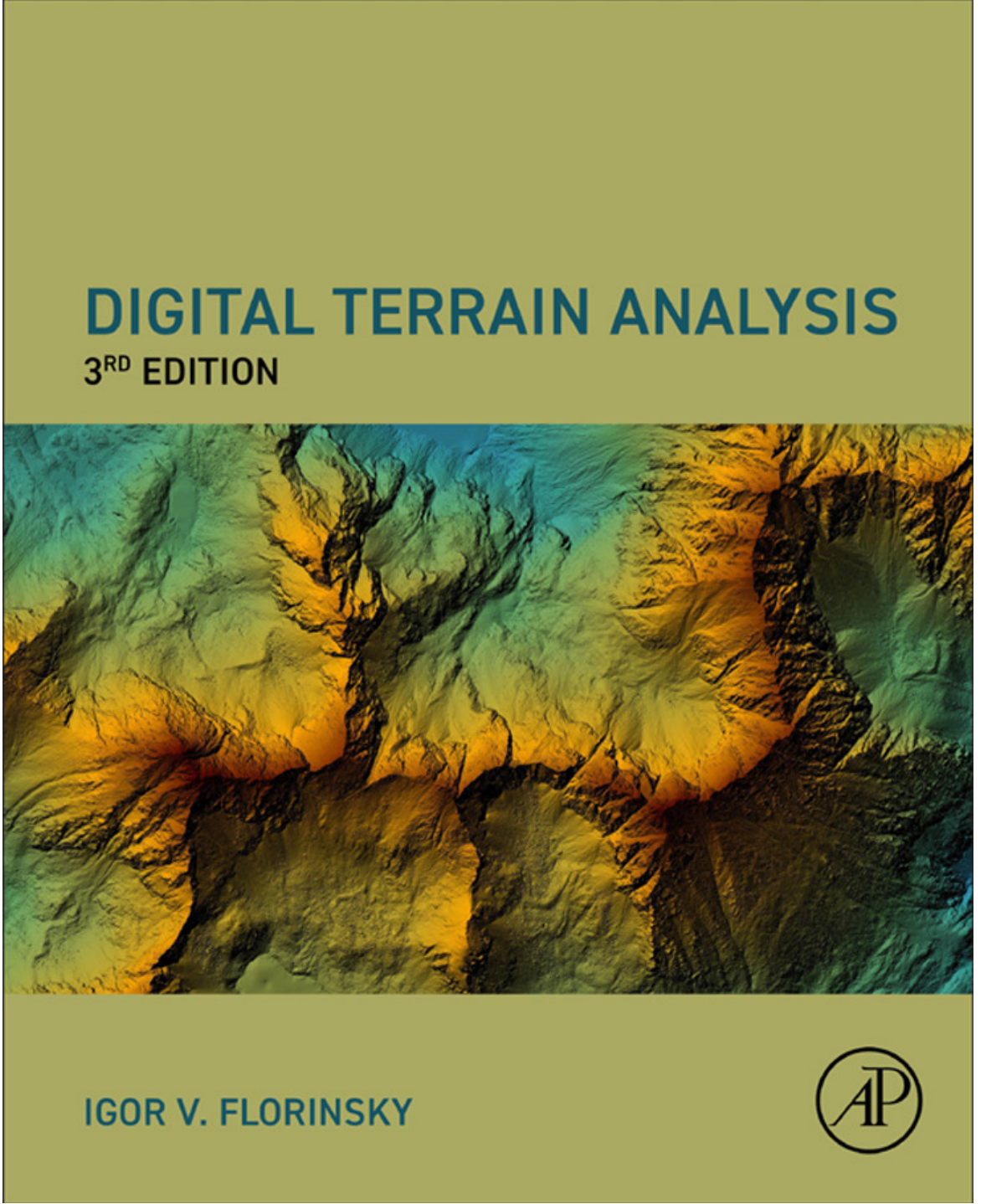
DIGITAL TERRAIN ANALYSIS IN SOIL SCIENCE AND GEOLOGY

2nd revised edition

I.V. Florinsky

Elsevier / Academic Press, 2016
Amsterdam, 486 p.

ISBN 978-0-12-804632-6



DIGITAL TERRAIN ANALYSIS

3rd revised and enlarged edition

I.V. Florinsky

Elsevier / Academic Press, 2025
Amsterdam, ~550 p.

(in press)

ISBN 978-0-44-324798-9

Актуальность

Геоморфометрические методы широко применяются для решения различных разномасштабных задач наук о Земле.

Геоморфометрическое моделирование и картографирование свободных от оледенения территорий Антарктики перспективно как для получения новых знаний о количественных характеристиках рельефа этих уникальных районов, так и для дальнейшего использования морфометрической информации для решения фундаментальных и прикладных задач геоморфологии, геологии, почвоведения, экологии, геофизики, гляциологии, климатологии и др.

Создание геоморфометрического атласа свободных от оледенения территорий Антарктики позволит обобщить и систематизировать региональную морфометрическую информацию в традиционном для наук о Земле формате.

Атласы Антарктики

Атлас Антарктики / Науч. ред. Е.И. Толстиков и др. – Т. 1: М.-Л.: ГУГК, 1966. – 241 с.; Т. 2: Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 98 с.

Атлас океанов. Антарктика / Гл. ред. Е.С. Короткевич, В.Д. Фомченко, Б.С. Фридман. – СПб.: ГУНиО МО РФ, 2005. – 280 с.

Антарктика. Геоморфологический атлас / Гл. ред. А.Н. Ласточкин, отв. ред. Ю.М. Артемьев. – СПб.: Карта, 2011. – 256 с.

Herzfeld U.C. Atlas of Antarctica: Topographic Maps from Geostatistical Analysis of Satellite Radar Altimeter Data. – Berlin: Springer, 2004. – 364 p.

Klokočník J., Kostelecký J., Bezděk A. Gravitational Atlas of Antarctica. – Cham: Springer, 2017. – 113 p.

USGS Antarctic Research Atlas. – https://lima.usgs.gov/antarctic_research_atlas/

Текущие работы в сторонних организациях

УТВЕРЖДЕН
распоряжением Правительства
Российской Федерации
от 30 июня 2021 г. № 1767-р

ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ

по реализации Стратегии развития деятельности Российской Федерации в Антарктике до 2030 года

Мероприятие	Ответственный исполнитель	Срок исполнения	Ожидаемый результат
48. Создание геоинформационной системы Антарктиды	Росреестр федеральное государственное бюджетное учреждение "Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных"	2022 - 2030 годы	создана обобщенная база данных по работам и программам по направлениям (геодезия, картография, геология, гляциология и т.д.)

Геоморфометрические атласы

Guth P.L. Global SRTM geomorphometric atlas // Proceedings of the 9th International Conference on GeoComputation, Maynooth, Ireland, 3-5 Sept. 2007. – GeoComputation CD-ROM, 2007. – 6 p. (CD-ROM).

Csillik O., Drăguţ L.D. Towards a global geomorphometric atlas using Google Earth Engine // Guth P.L. (Ed.), Geomorphometry 2018: 5th International Conference of the ISG. – Boulder: International Society for Geomorphometry, 2018. – pp. 1-4.

Ioniță A., Lungu M., Baleț M., Todor A. The geomorphometric atlas of Romania: An open-access database on landform classifications and morphometric variables // Journal of Maps. – 2024. – Vol. 20. – No. 1. – # 2354712.

Цель работы

Разработка и создание физико-географического тематического научно-справочного геоморфометрического атласа свободных от оледенения территорий Антарктики.

Формы опубликования:

полиграфическая (настольный атлас, А3, ~400 с.)

Сроки исполнения: 2024–2030

Разделы атласа

Перечень карт и других материалов для каждой территории

1. Серия морфометрических карт (крутизна, горизонтальная кривизна, вертикальная кривизна, минимальная кривизна, максимальная кривизна, несферичность, водосборная площадь, топографический индекс влажности, индекс мощности потоков, индекс защищенности от ветра, …).

2. Производные тематические карты (классификация форм рельефа, геологические линеаменты, …).

3. Фотографии ландшафтов (?).

4. Текстовый справочный материал (методические пояснения к картам, физико-географические интерпретации морфометрических карт, …).

Рабочие масштабы и проекции

1 : 10 000 000, полярная стереографическая проекция – для одной обзорной карты рельефа Антарктики (отмывка).

1 : 1 000 000, равноугольная коническая проекция Ламберта – для одной обзорной карты рельефа (отмывка) для каждого раздела атласа (региона Антарктики).

1 : 100 000 / 1 : 50 000 / 1 : 25 000, UTM – для серии морфометрических и производных тематических карт для каждой территории, в зависимости от размеров территории и читаемости рассчитываемых карт.

Исходные данные для геоморфометрических расчетов

ЦМР
Reference Elevation Model of Antarctica (REMA)

Шаг сетки 2 м, 8 м, 10 м, 32 м, 100 м

Howat I.M., Porter C., Smith B.E., Noh M.-J., Morin P. The Reference Elevation Model of Antarctica // Cryosphere. – 2019 . – Vol. 13 . – No. 2 . – pp. 665-674.

Reference Elevation Model of Antarctica (REMA). – Saint Paul: Polar Geospatial Center, University of Minnesota, 2018–2022. – https://www.pgc.umn.edu/data/rema/.

Программное обеспечение для геоморфометрических расчетов

SAGA

www.saga-gis.org

System for Automated Geoscientific Analyses

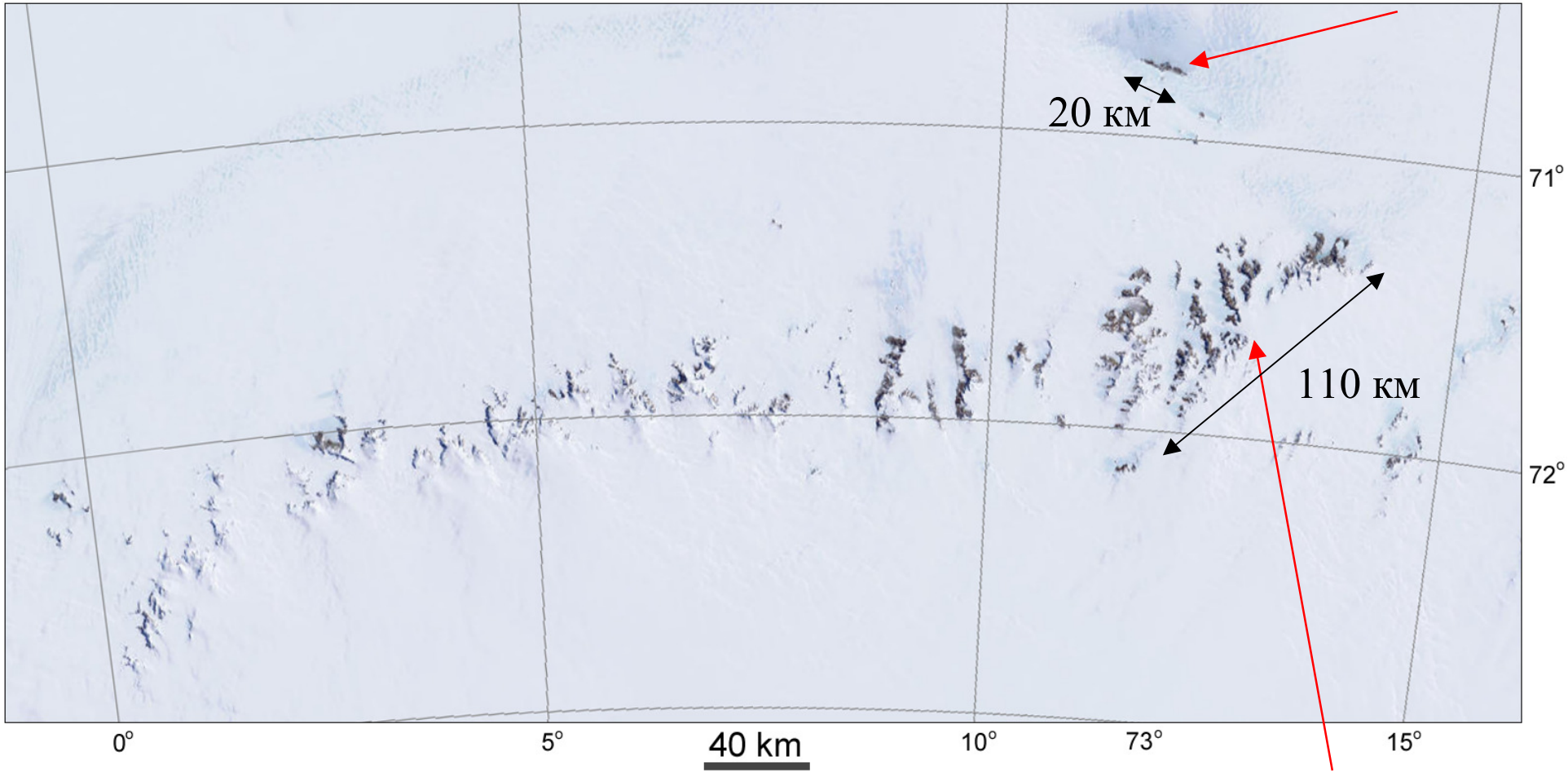
Conrad O., Bechtel B., Bock M., Dietrich H., Fischer E., Gerlitz L., Wehberg J., Wichmann V., Boehner J. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4 // Geoscientific Model Development. – 2015. – V. 8. – P. 1991–2007.

Особенности картографируемых территорий

1. Широкий диапазон размеров
2. Неравномерность распределения
3. Неопределенность границ

Широкий диапазон размеров

оазис Ширмахера

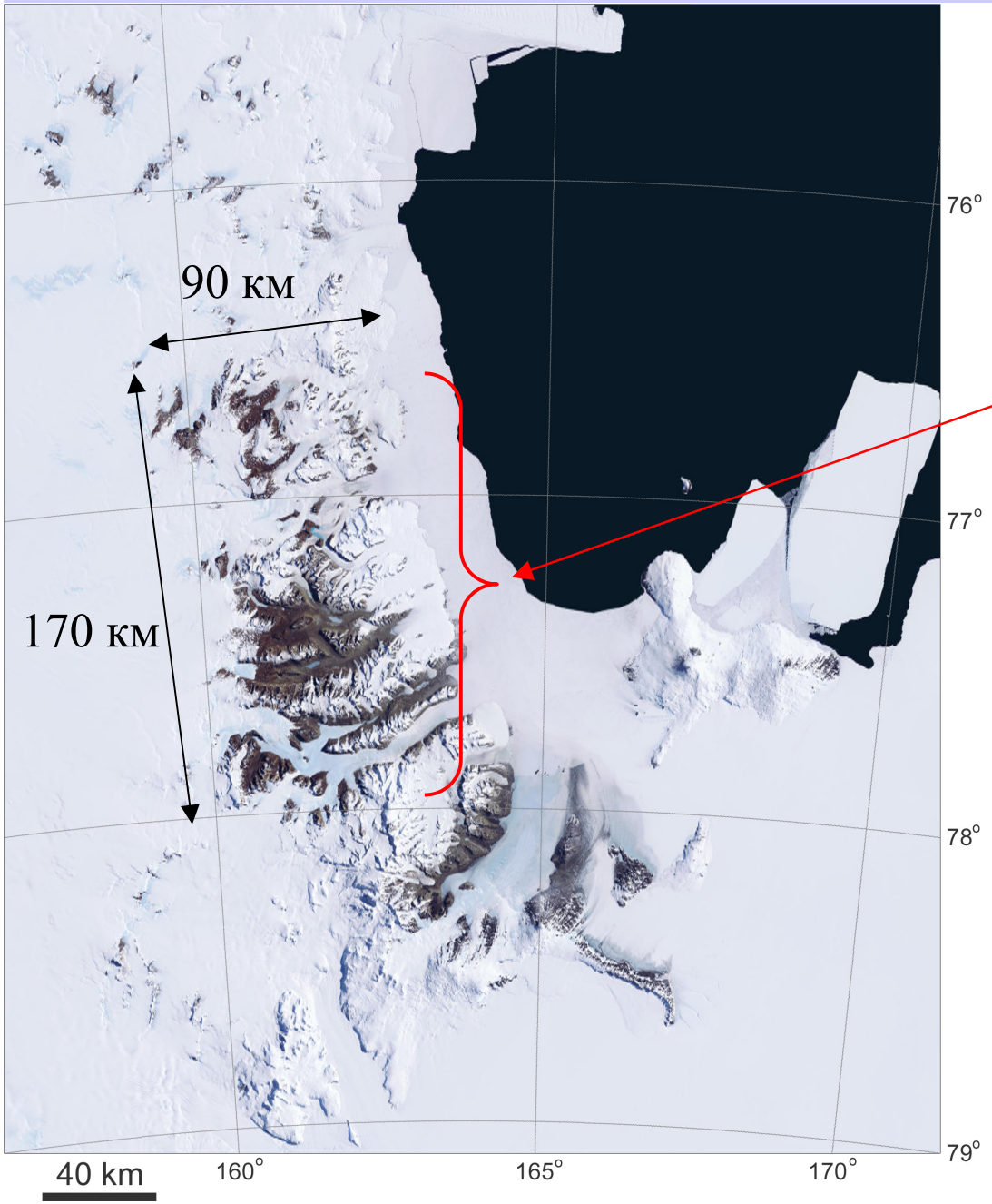


Земля Королевы Мод

Массив Вольтат

https://rema.apps.pgc.umn.edu/

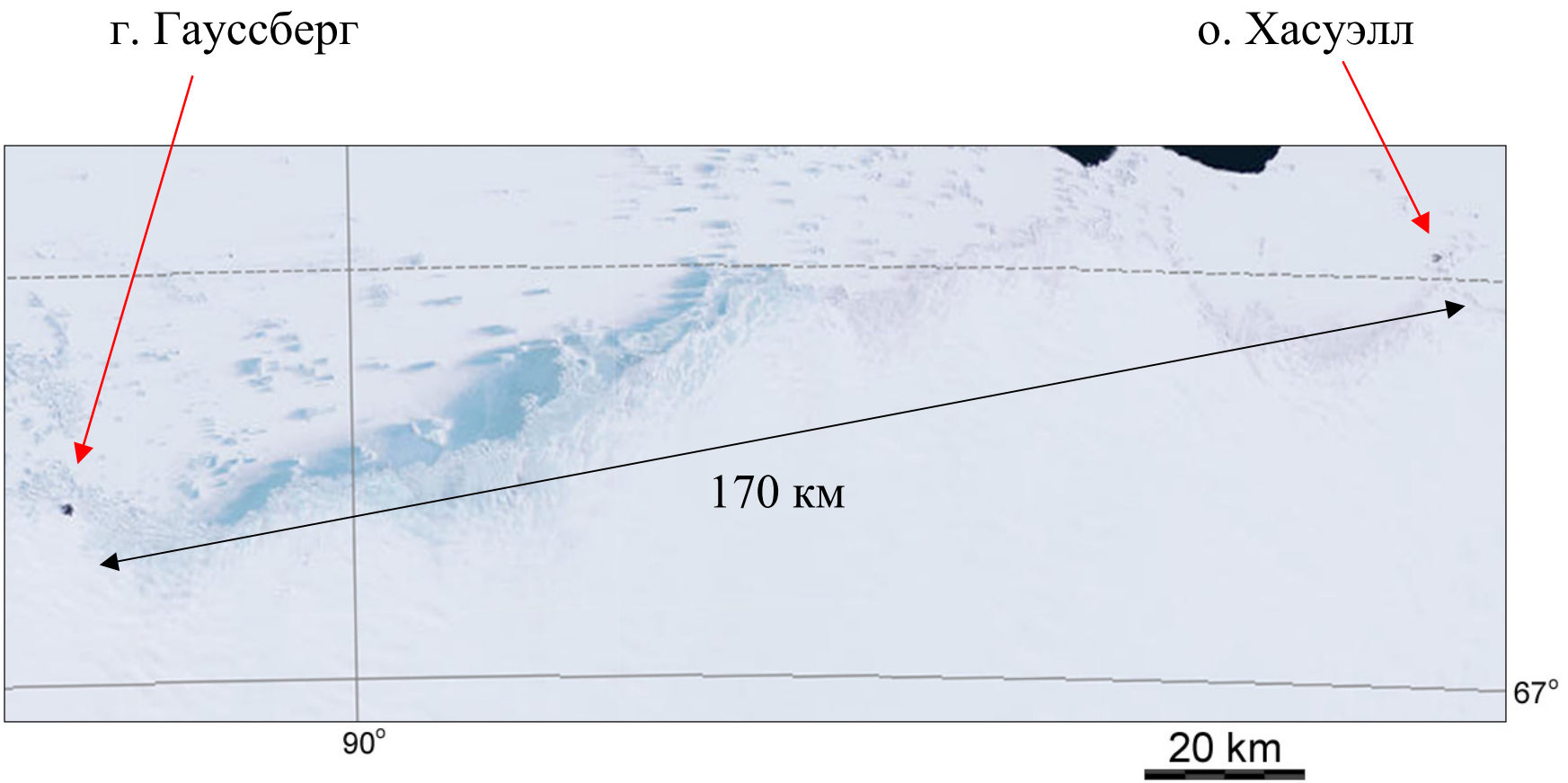
Неравномерность распределения



Земля Виктории

https://rema.apps.pgc.umn.edu/

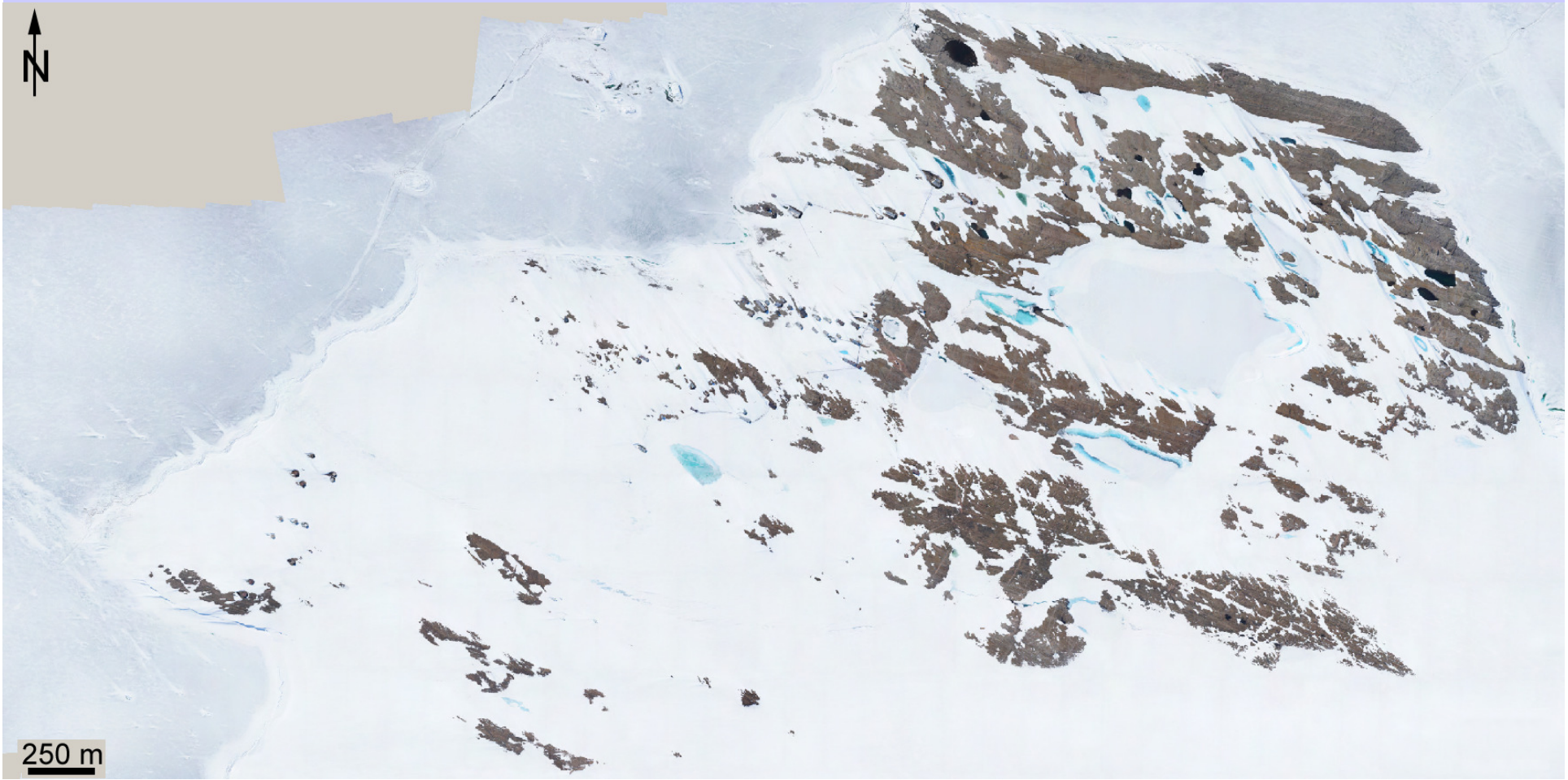
Неравномерность распределения



Земля Вильгельма II – Земля Королевы Мэри

https://rema.apps.pgc.umn.edu/

Неопределенность границ

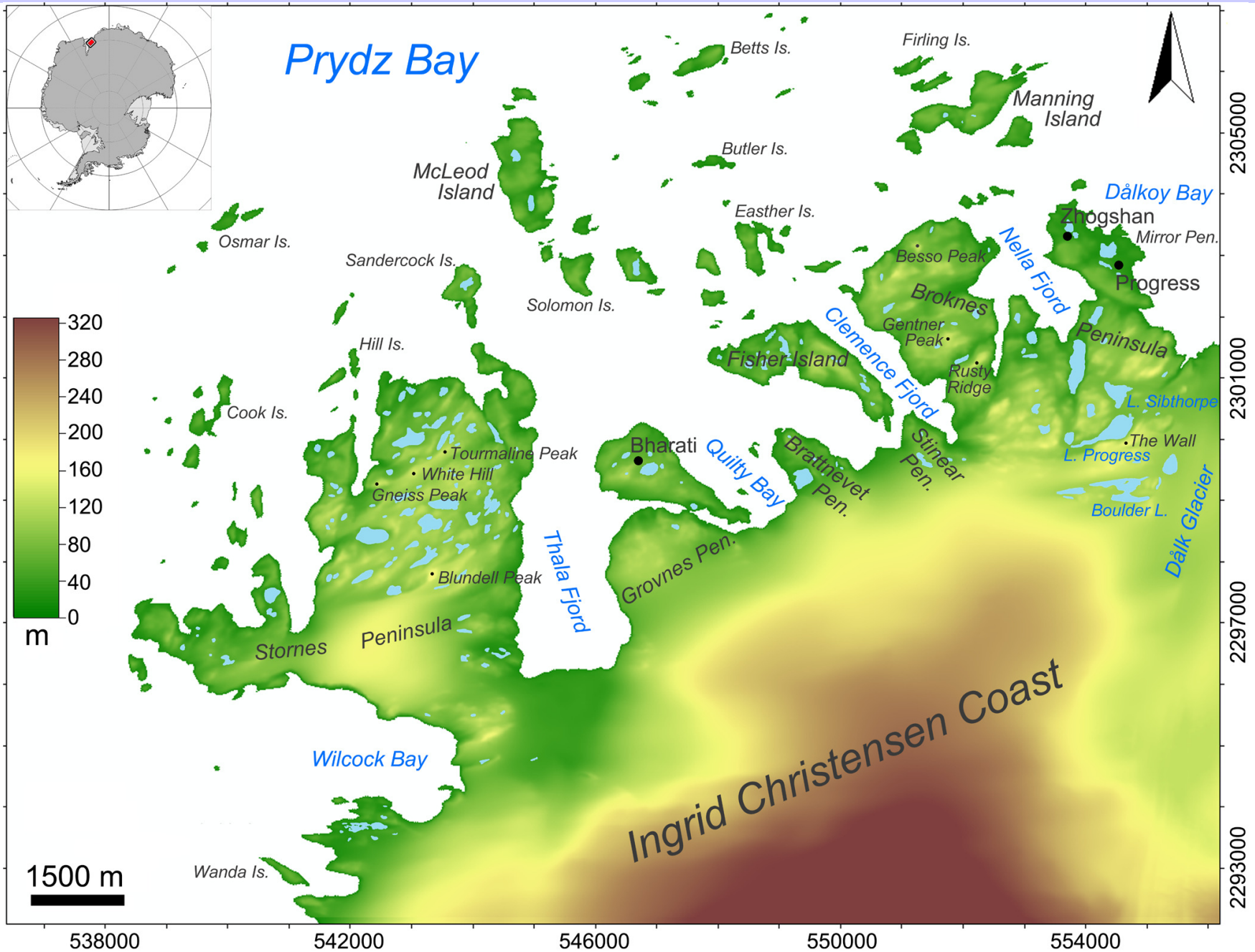


Земля Эндерби, оазис Молодежный

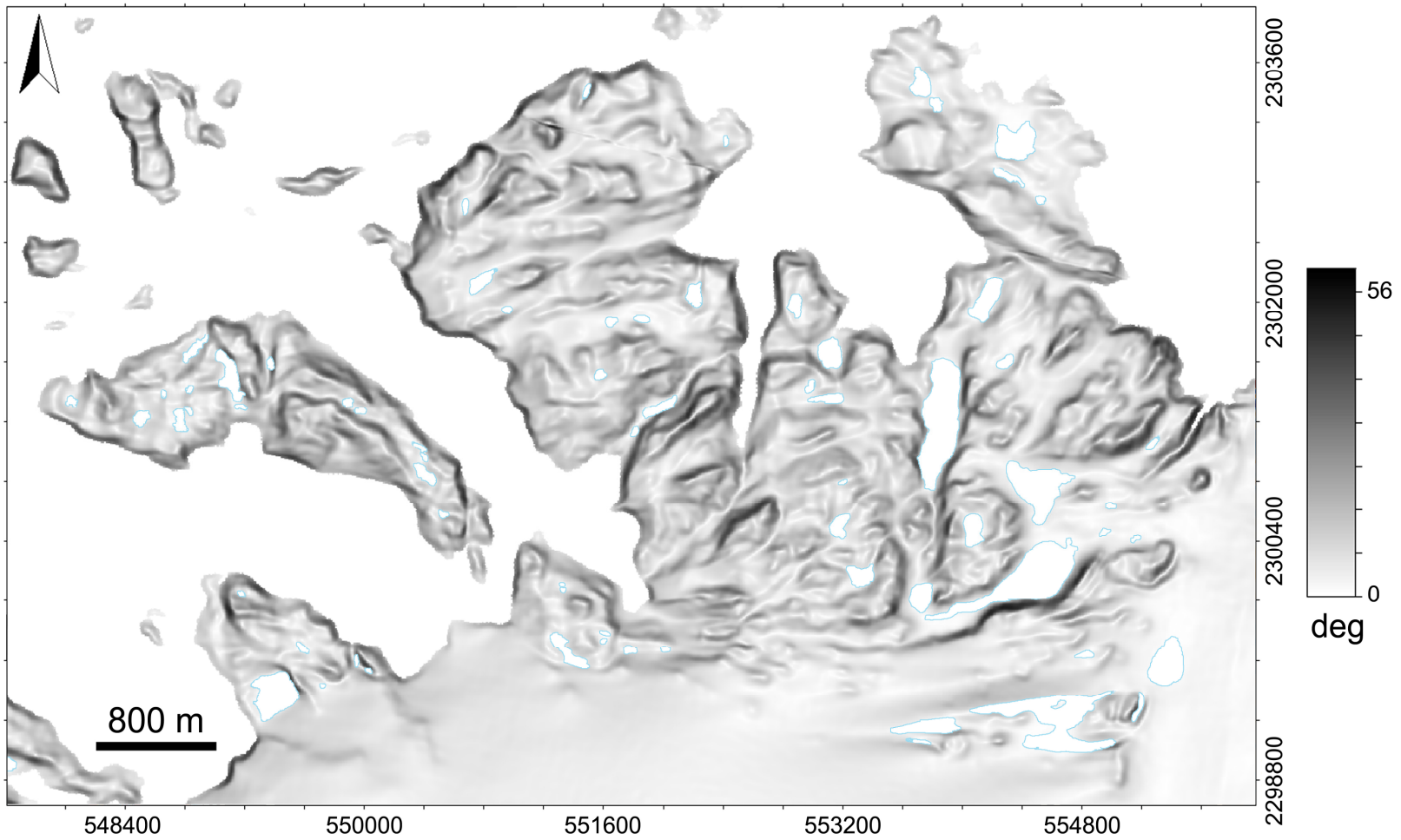
Флоринский И.В., Скрыпицына Т.Н. Беспилотная аэрофотосъемка района оазисов Молодежный и Вечерний в сезон 67-й Российской антарктической экспедиции: первые результаты // Природная среда Антарктики: междисциплинарные подходы к изучению. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, Домжерицы, Беларусь, 21–23 сент. 2022. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 250–253.

Пример серии морфометрических карт для полуострова Брокнес (холмы Ларсеманн, Земля Принцессы Елизаветы)

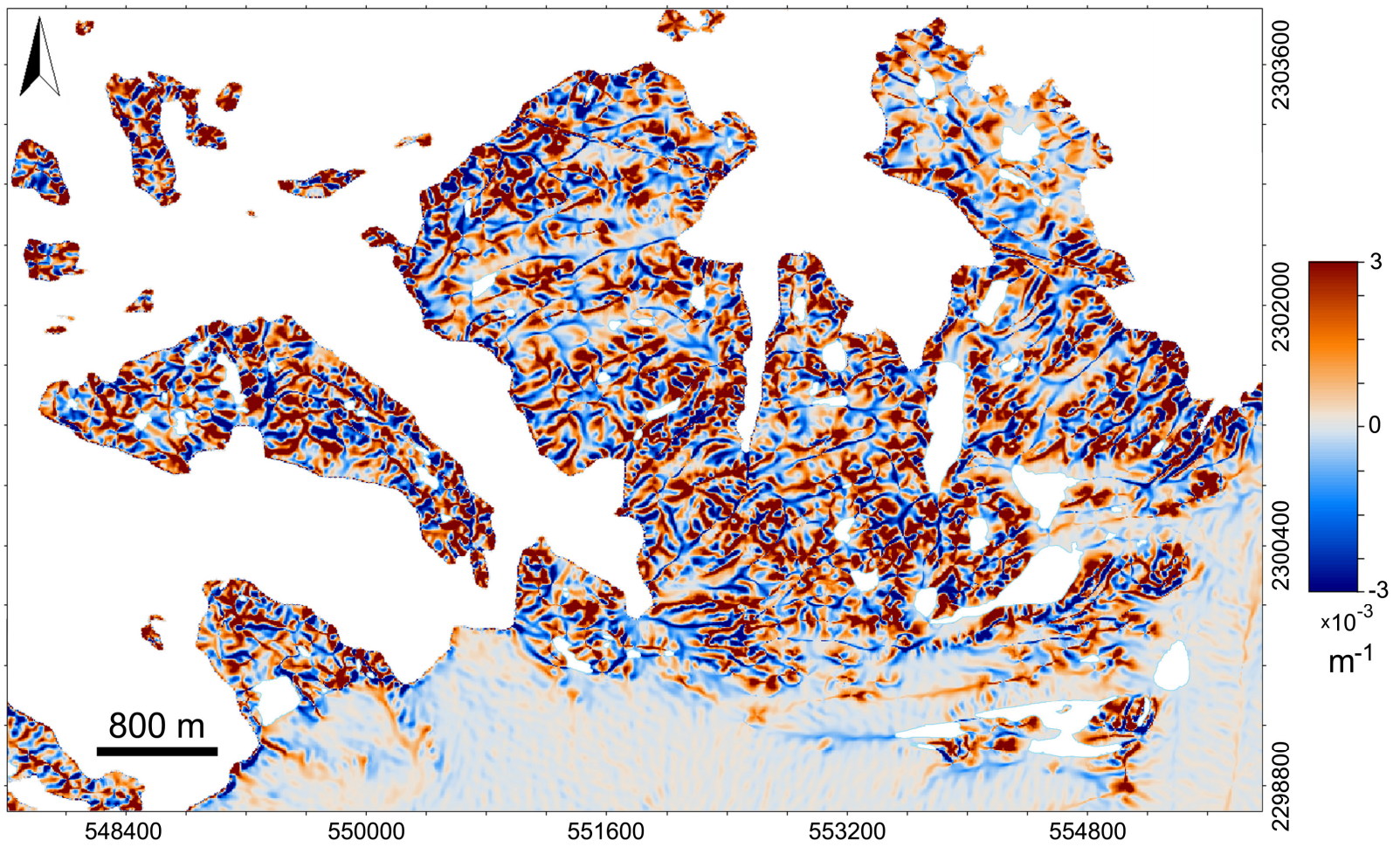
Высоты


Prydz Bay
Betts Is.
Firling Is.
Manning Island
Butler Is.
McLeod Island
Easther Is.
Dålkoy Bay
Zhongshan
Mirror Pen.
Osmar Is.
Sandercock Is.
Besso Peak
Nella Fjord
Progress
Broknes
Solomon Is.
Clemence Fjord
Gentner Peak
Peninsula
Hill Is.
Fisher Island
Rusty Ridge
L. Sibthorpe
Cook Is.
Bharati
Quilty Bay
Brattnevet Pen.
Stinear Pen.
The Wall
L. Progress
Tourmaline Peak
White Hill
Gneiss Peak
Boulder L.
Dålk Glacier
Thala Fjord
Grovnes Pen.
Blundell Peak
Stornes
Peninsula
Ingrid Christensen Coast
Wilcock Bay
Wanda Is.
320
280
240
200
160
120
80
40
0
m
1500 m
2305000
2301000
2297000
2293000
538000
542000
546000
550000
554000

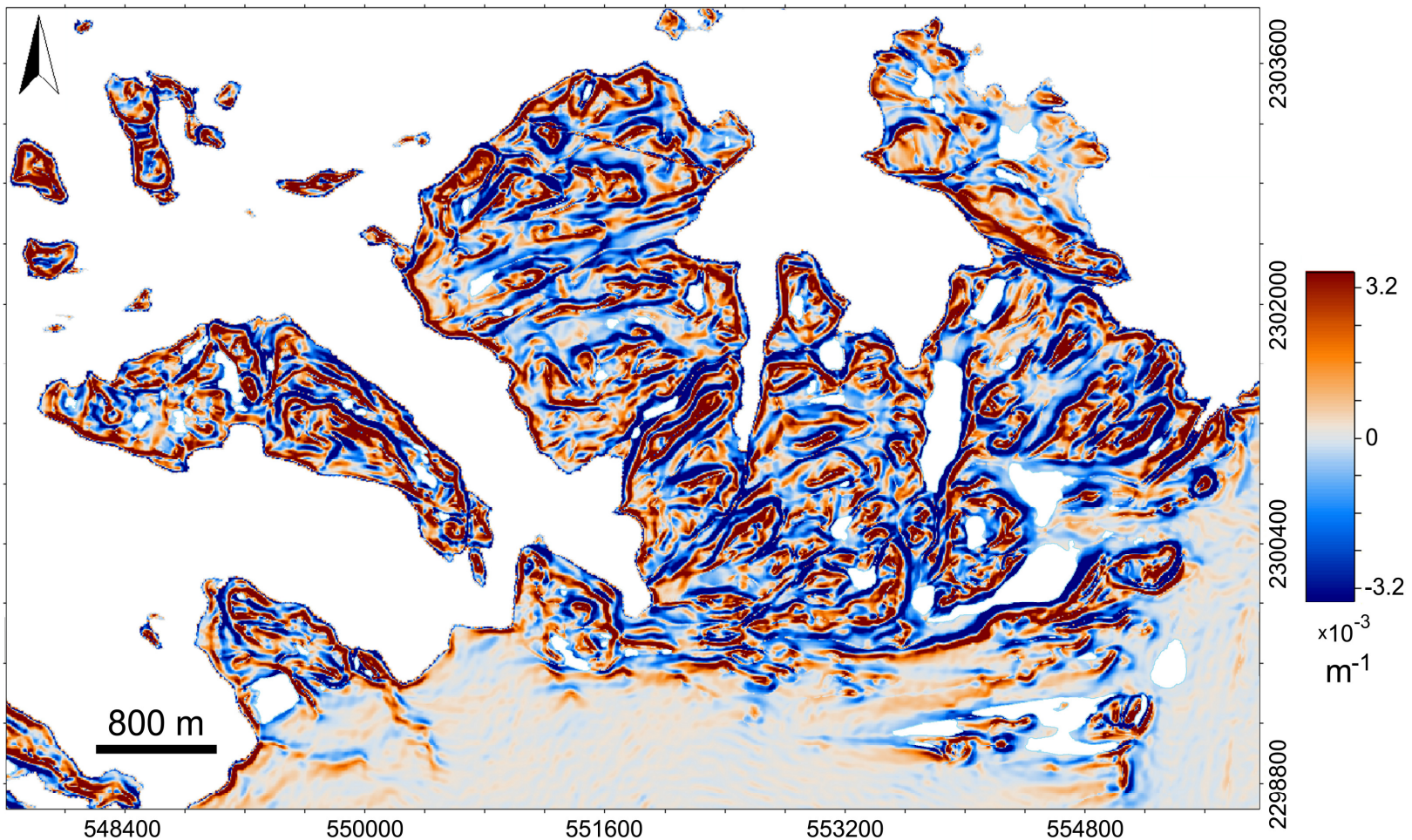
Крутизна склонов



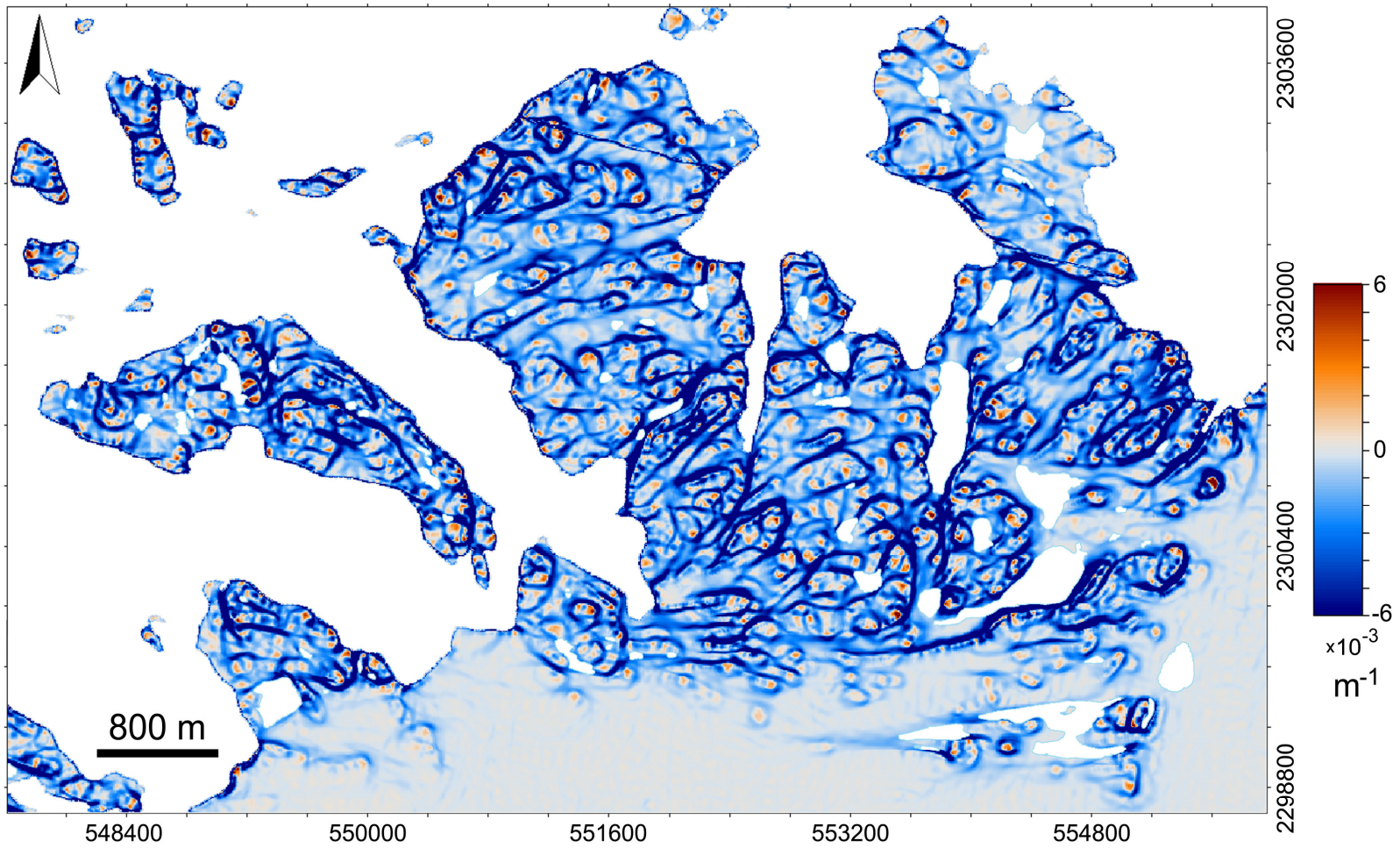
Горизонтальная кривизна



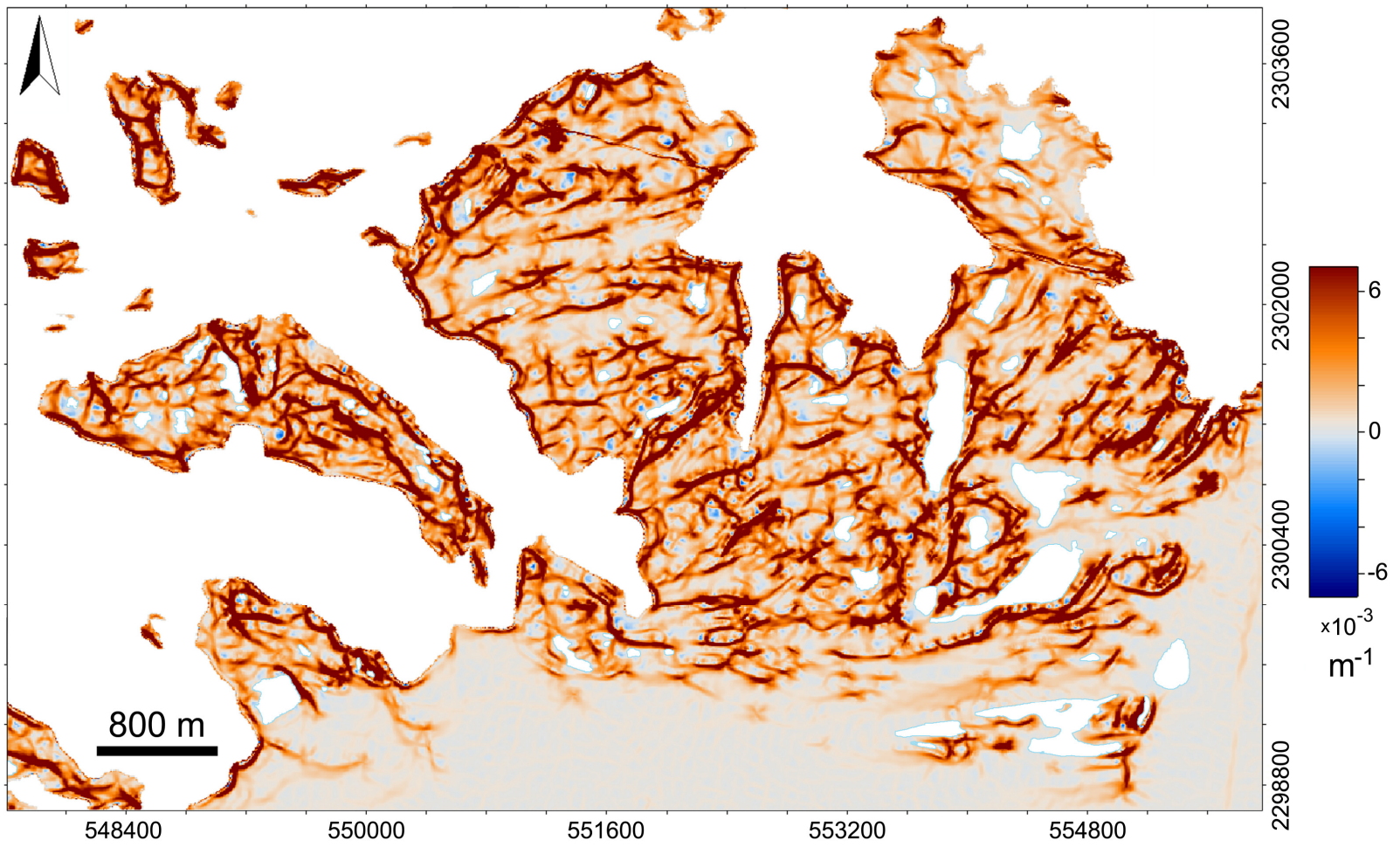
Вертикальная кривизна



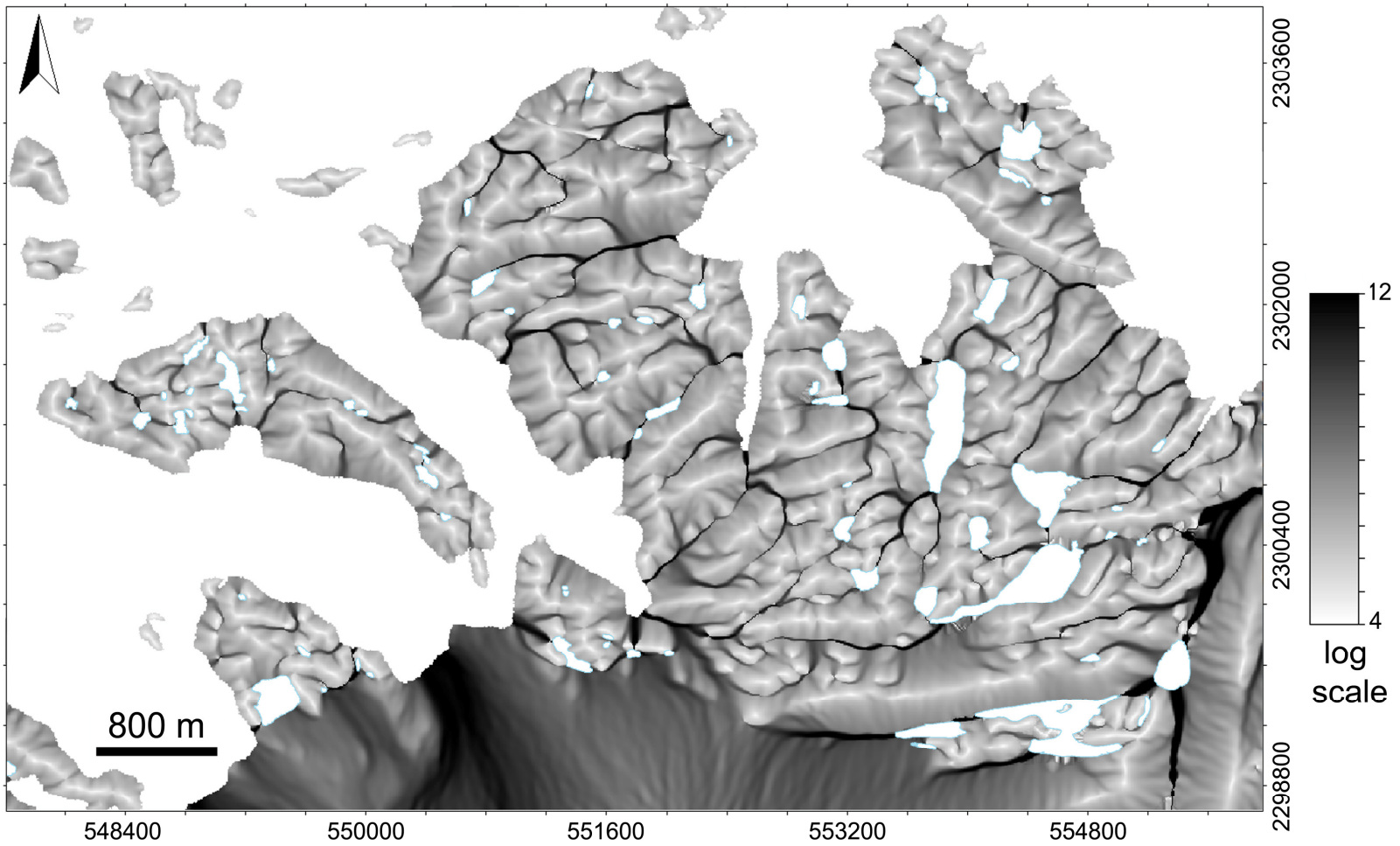
Минимальная кривизна



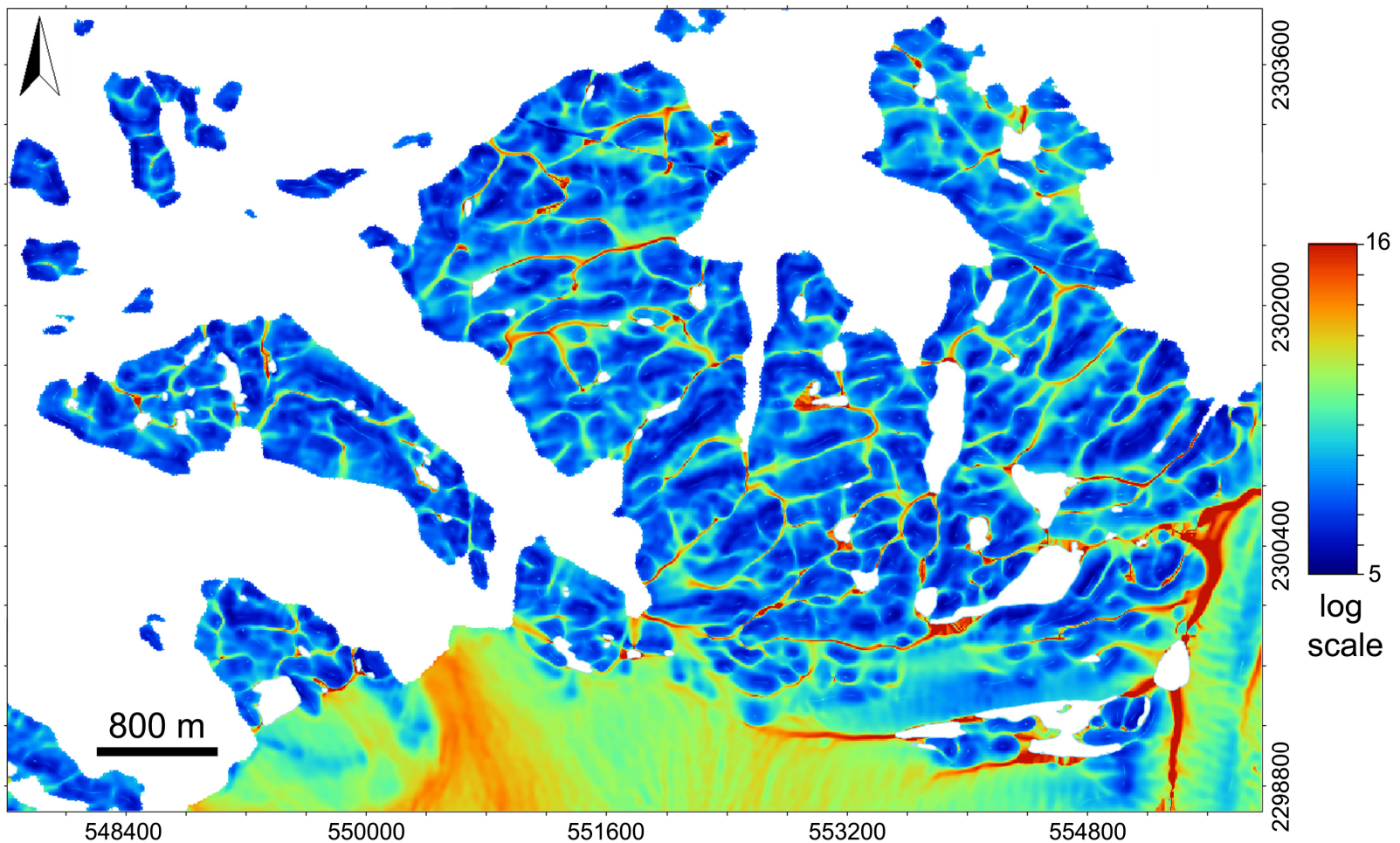
Максимальная кривизна



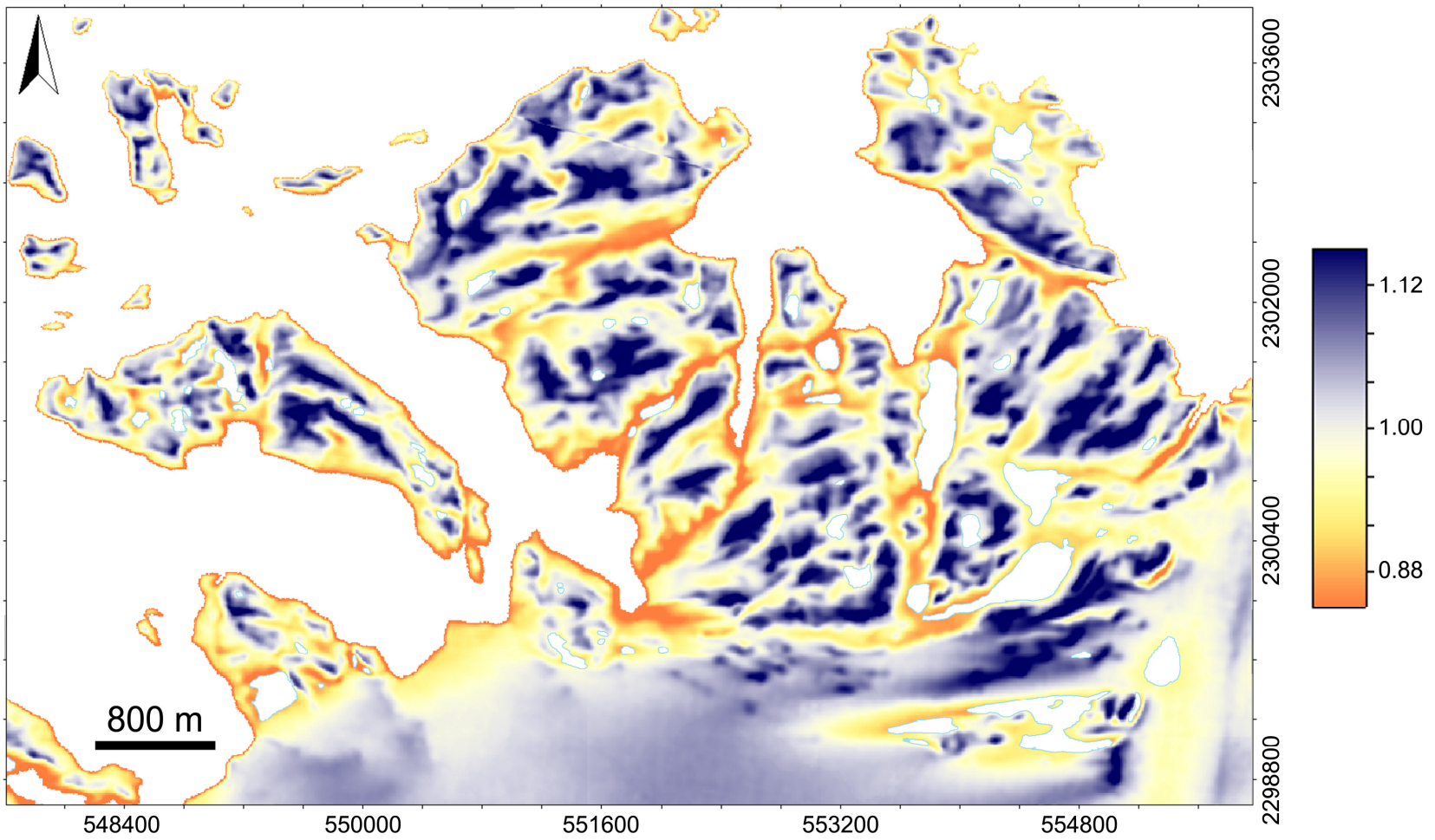
Водосборная площадь



Топографический индекс влажности



Индекс защищенности от ветра



Polar Science 38 (2023) 100969

Contents lists available at ScienceDirect

Polar Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/polar

Larsemann Hills: Geomorphometric modeling and mapping

I.V. Florinsky

Institute of Mathematical Problems of Biology, Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow Region, 142290, Russia

ARTICLE INFO

Keywords:
Topography
Digital elevation model
Geomorphometry
Surface

ABSTRACT

Geomorphometric modeling is widely used in geosciences. However, geomorphometric modeling and mapping of Antarctic oases has not been performed so far. This article presents the first results of our work on geomorphometric modeling and mapping of the Larsemann Hills obtained in the frameworks of the 68th Russian Antarctic Expedition in January–April 2023. As input data, we used a fragment of the Reference Elevation Model of Antarctica (REMA). From the extracted and edited digital elevation model, we derived digital models and maps of the following 17 morphometric variables: slope, aspect, horizontal curvature, vertical curvature, mean curvature, Gaussian curvature, minimal curvature, maximal curvature, unsphericity curvature, difference curvature, vertical excess curvature, horizontal excess curvature, ring curvature, accumulation curvature, catchment area, topographic index, and stream power index. We also conducted a field geomorphometric interpretation work to provide correct physical geographic, geological, and geomorphological interpretations of morphometric maps. In the fieldwork, we carried out 54 foot routes with the total length of about 422 km. During the routes, we collected 150 rock samples for further petrological and mineralogical analyses as well as three-dimensional modeling of the samples. Derived morphometric maps can be useful for structural geological and process-oriented hydrological studies. The ultimate goal of the ongoing work is to create a large-scale geomorphometric atlas of Antarctic oases and other ice-free Antarctic territories.

Заключение

Поставлена задача создания фундаментального картографического произведения – геоморфометрического атласа свободных от оледенения территорий Антарктики. Сформулированы основные положения концепции атласа.

Атлас будет обладать целостностью благодаря его полноте и внутреннему единству.

Полнота атласа будет обеспечена двумя факторами:

1. В атласе будут представлены все значимые территории Антарктики, свободные от ледникового покрова.

2. Для этих территорий будут построены карты всех основных, научно значимых и интерпретируемых морфометрических характеристик рельефа.

Заключение

Внутреннее единство атласа будет обеспечено тремя факторами:

1. Серия морфометрических карт каждой территории будет создаваться в одном масштабе, что обеспечит простоту сопоставления этих карт.

2. Для всех территорий будут рассчитаны серии карт одного набора морфометрических характеристик, что способствует сравнительному анализу рельефа различных территорий.

3. Каждая морфометрическая карта количественно описывает определенное свойство поверхности рельефа и обладает уникальной физико-математической и физико-географической интерпретацией. Морфометрические карты одной серии взаимно дополняют друг друга.

Заключение

Атлас:

• Сконцентрирует мультимасштабную многоаспектную количественную информацию о рельефе свободных от оледенения территорий Антарктики

• Представит ее в систематизированной, организованной и хорошо читаемой форме

• Обеспечит научно-информационную поддержку фундаментальных и прикладных исследований Антарктики

• Будет способствовать реализации геополитических интересов России в южном полярном регионе

Контакты

iflor@mail.ru

http://iflorinsky.impb.ru