

Геоморфометрия вулкана Гауссберг (Восточная Антарктида)

Флоринский И.В.

Geomorphometry of the Gaussberg Volcano (East Antarctica)

Florinsky I.V.

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

e-mail: iflor@mail.ru

Описаны некоторые результаты геоморфометрического моделирования и картографирования четвертичного вулкана Гауссберг (Земля Вильгельма II, Восточная Антарктида). Представлены карты горизонтальной, вертикальной, минимальной и максимальной кривизн, а также водосборной площади, рассчитанные по цифровой модели рельефа REMA.

Введение

Начаты работы по созданию геоморфометрического атласа свободных от оледенения территорий Антарктики [2], к которым относятся: 1) прибрежные, пришельфовые и горные антарктические оазисы; 2) свободные от ледникового покрова острова за пределами шельфовых ледников; 3) свободные от оледенения горные хребты и нунатаки. Значительная часть этих территорий приурочена к активным вулканам и областям кайнозойского вулканизма Западно-Антарктической рифтовой системы и континентальной вулканической дуги (Западная Антарктида), а также юрской крупной магматической провинции Феррар (Трансантарктические горы) [4].

Особняком стоит изолированный от других вулканических центров и областей четвертичный потухший вулкан Гауссберг, который был открыт в 1902 г. участниками первой германской антарктической экспедиции и назван в честь экспедиционного судна, носившего имя К.Ф. Гаусса [1]. В статье представлены некоторые результаты геоморфометрического моделирования и картографирования этого объекта.

Характеристика территории

Гауссберг расположен на побережье бухты Посадовского моря Дейвиса Южного океана (Берег Правды, Земля Вильгельма II, Восточная Антарктида; 66.80408° ю.ш., 89.19631° в.д.). Северный и северо-восточный склоны вулкана обрываются в море, склоны других экспозиций уходят под материковый ледниковый щит. При ширине 1000-1200 м, высота вулканического конуса составляет 372 м над уровнем моря, а над прилегающим ледником – от 230 м (на юге) до 320 м (на востоке и западе) (рис. 1).

Конус не имеет кратера и сложен лампроитовыми подушечными лавами. Эффузивные извержения происходили, по-видимому, в подледных условиях 56±5 тыс. лет назад. Возникновение вулкана на стабильной континентальной окраине Антарктиды могло быть связано с деятельностью плюма Кергелен [1, 6, 7].

Материалы и методы

В качестве исходных данных использован фрагмент цифровой модели рельефа (ЦМР) Reference Elevation Model of Antarctica (REMA) [5] с шагом сетки 2 м. ЦМР задана в системе WGS-84, в полярной стереографической проекции.

Из REMA был выделен фрагмент, включающий Гауссберг. Он был перепроектирован в проекцию UTM, зона 45S (рис. 1). Полученная ЦМР описывает территорию размером 2750×2294 м (матрица высот 1376×1148; шаг сетки 2 м). Значения высот даны только для суши, так как в REMA батиметрия отсутствует.

По выделенной несглаженной ЦМР были рассчитаны цифровые модели ряда морфометрических величин, в частности водосборной площади (CA) и 4 типов кривизны: горизонтальной (k_h), вертикальной (k_v), минимальной (k_{min}) и максимальной (k_{max}). Определения, формулы, физико-математические и физико-географические интерпретации величин см. [3]. Модели кривизн рассчитаны авторским конечно-

разностным методом [3], а модель СА – методом множественных направлений потока на основе максимального градиента. По полученным моделям (шаг сетки 2 м) были построены морфометрические карты в проекции UTM, зона 45S (рис. 2, 3). Для предобработки ЦМР, расчетов и картографирования использовалась программа SAGA.

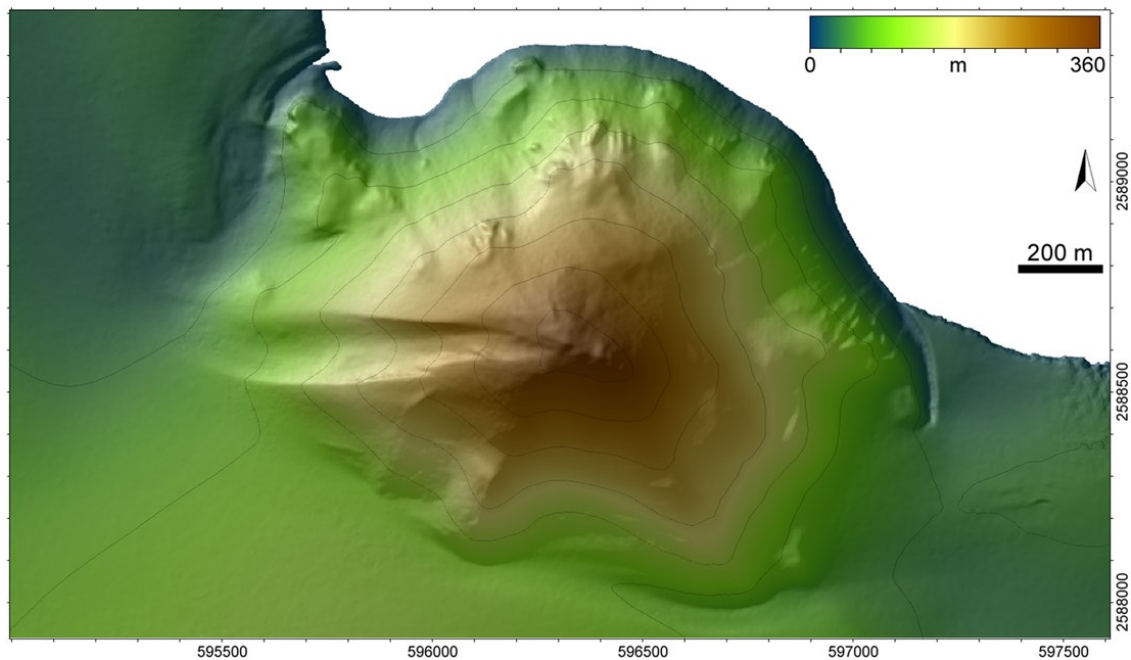


Рис. 1. Гауссберг, высоты.

Результаты и обсуждение

Карта k_h (рис. 2а) выявляет распределение областей конвергенции и дивергенции поверхностных потоков ($k_h < 0$ и $k_h > 0$, синие и оранжевые оттенки, соответственно) [3]. Морфологически им соответствуют отроги оврагов и гребней, совокупность которых дает образ потоковых структур территории. Наиболее выраженные барранкосы развиты на западном и южном склонах конуса [1].

Карта k_v (рис. 2б) позволяет увидеть распределение областей относительного замедления и ускорения поверхностных потоков ($k_v < 0$ и $k_v > 0$, синие и оранжевые оттенки, соответственно) [3]. Морфологически им соответствуют плоские террасы и уступы, которые могут быть связаны с лавовыми слоями серии последовательных извержений, обработанных ледниковой эрозией [1, 6].

Карты k_{min} и k_{max} (рис. 3а, б) выявляют вытянутые линейные формы рельефа [3]: вогнутые, в частности – овраги (рис. 3а, $k_{min} < 0$, темно-синие линеаменты), и выпуклые, в частности – гребни (рис. 3б, $k_{max} > 0$, темно-оранжевые линеаменты).

СА – мера площади участков, которые могут дренироваться через данную точку. На карте СА (рис. 2в) в виде светлых и темных линий (низкие и высокие значения СА) выделяются водоразделы и тальвеги, соответственно. В целом, карта СА отображает особенности геометрии, «шероховатости» и пространственного распределения малых водосборных бассейнов поверхности конуса и прилегающих ледниковых потоков.

Заключение

Геоморфометрическое моделирование и картографирование горы Гауссберг (рис. 2, 3) позволило четко и наглядно выявить особенности геометрии конуса вулкана, которые плохо распознаются или вообще не читаются как на карте высот (рис. 1), так и на аэрокосмических изображениях этого удаленного и сложнодоступного объекта. Геоморфометрия, предметом которой является математическое моделирование и анализ рельефа, а также взаимосвязей между рельефом и другими компонентами геосистем, обеспечивает строгость и воспроизводимость подобных исследований [3].

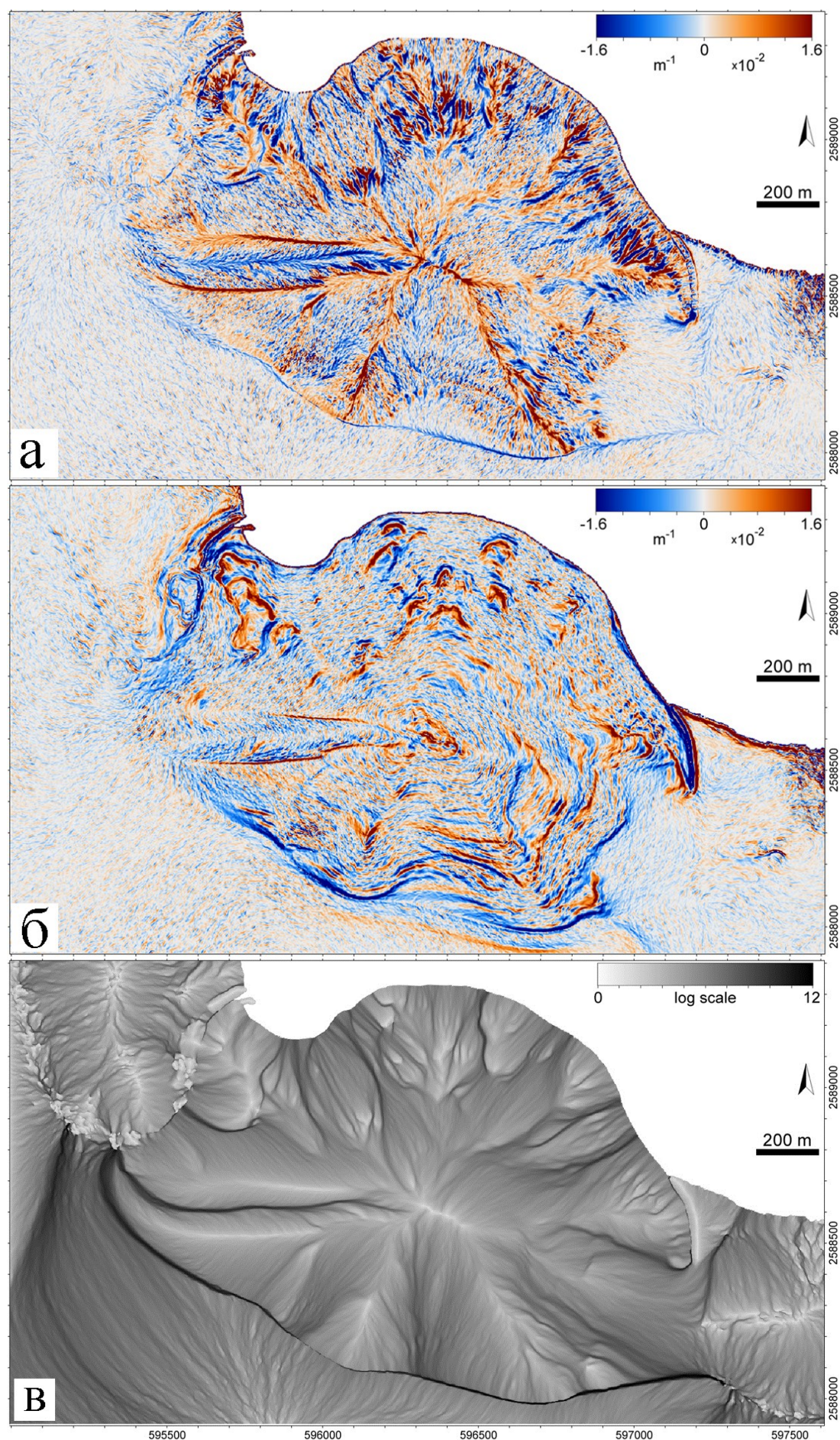


Рис. 2. Гауссберг: а – горизонтальная кривизна; б – вертикальная кривизна; в – водосборная площадь.

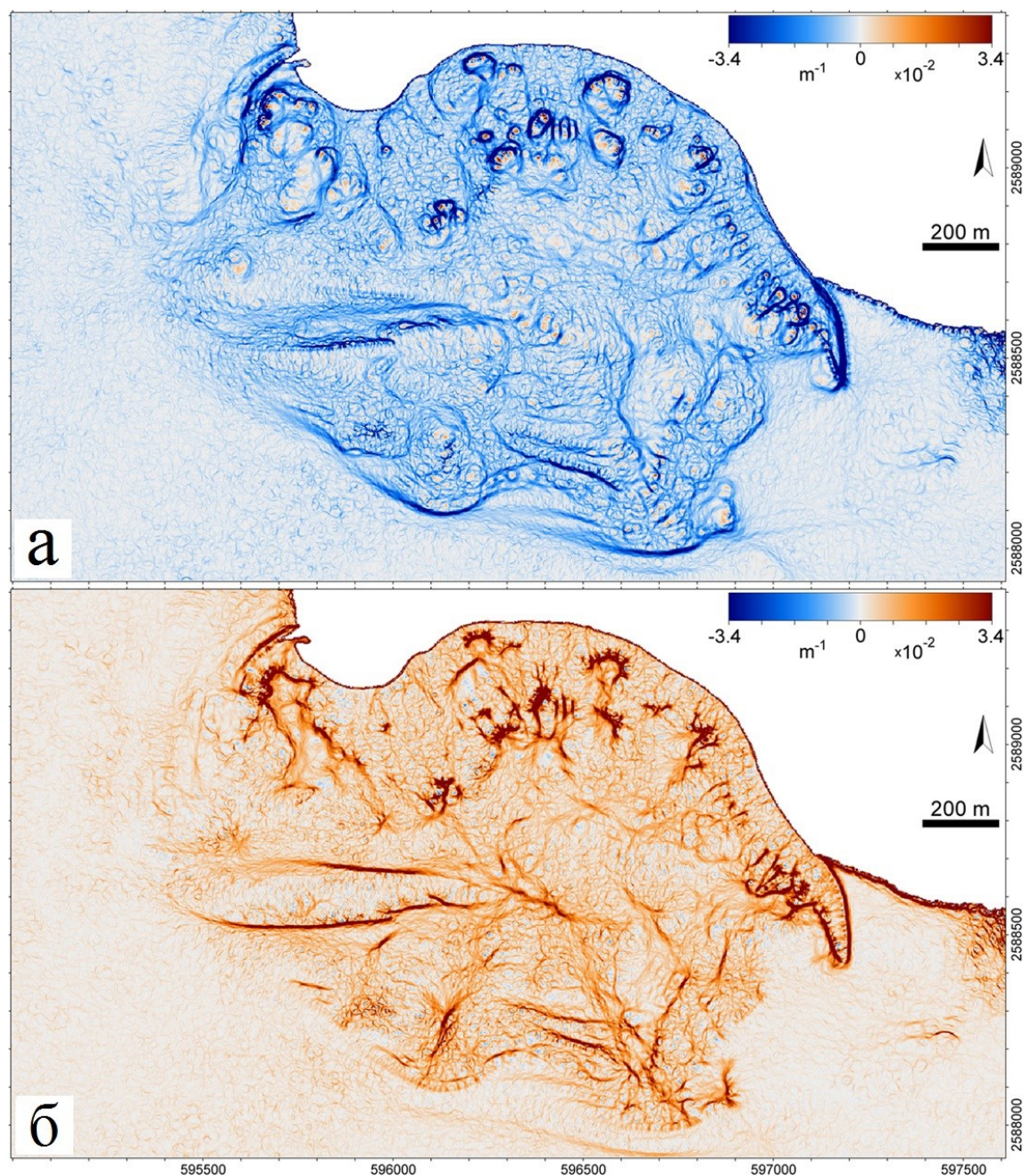


Рис. 3. Гауссберг: а – минимальная кривизна; б – максимальная кривизна.

Список литературы

1. Вялов О.С., Соболев В.С. Гора Гаусс в Антарктике // Известия вузов. Геология и разведка. 1958. № 2. С. 3-17.
2. Флоринский И.В. Проект геоморфометрического атласа свободных от оледенения территорий Антарктики // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2024. Т. 30. № 2. С. 53-79.
3. Florinsky I.V. Digital Terrain Analysis. 3rd rev. enl. ed. London: Academic Press, 2025. 455 p.
4. Geyer A., Di Roberto A., Smellie J.L. et al. Volcanism in Antarctica: an assessment of the present state of research and future directions // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2023. V. 444. Art. 107941.
5. Howat I.M., Porter C., Smith B.E. et al. The reference elevation model of Antarctica // Cryosphere. 2019. V. 13. № 2. P. 665-674.
6. Smellie J.L., Collerson K.D. Gaussberg: volcanology and petrology // Volcanism in Antarctica: 200 Million Years of Subduction, Rifting and Continental Breakup. London: Geological Society, 2021. P. 615-628.
7. Tingey R.J., McDougall I., Gleadow A.J.W. The age and mode of formation of Gaussberg, Antarctica // Journal of the Geological Society of Australia. 1983. V. 30. № 1-2. P. 241-246.