

doi:10.24411/2687-1092-2019-10501

## ВЛИЯНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДВИЖЕНИЕ ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА ГРЕНЛАНДИИ

Лукьянычева М.С.

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Исследование посвящено оценке влияния геоморфологических особенностей, а также новейших тектонических процессов на динамическое равновесие ледникового покрова Гренландии. В работе проведен структурно-геоморфологический анализ территории Гренландии, рассматриваются причины и механизмы таяния ледников, влияние новейших тектонических процессов и роль ледников на формирование рельефа прибрежных территорий.

Ключевые слова: *ледниковый покров Гренландии, геоморфология, таяние ледников, структурно-геоморфологический анализ*

Гренландия представляет собой самый большой остров в мире и располагается к северо-востоку от материковой части Северной Америки, омывается Северным Ледовитым и Атлантическим океанами. Более  $\frac{3}{4}$  ее поверхности занято ледником, который полностью покрывает внутреннюю часть острова. Из общей площади современных покровных ледников (14,4 млн км<sup>2</sup>) 12,1% приходится на ледниковый покров Гренландии [Говорушко, 2006].

### Современная динамика ледников и формирование рельефа Гренландии

Одним из наиболее значимых последствий продолжающегося потепления арктических областей является уменьшение площади, занятой в настоящее время ледниками. Скорость таяния ледников Гренландии увеличилась за последнее десятилетие вдвое и составляет до 200 км<sup>3</sup> в год [Rignot, Kanagaratnam, 2006]. Наиболее быстро меняющийся ледник Якобсхавн на юго-западе Гренландии отступил почти на 35 км за последние 150 лет. Если все ледники растают, то уровень Мирового океана поднимется на 7,5 метра [White et al., 2016].

По данным спутниковой альтиметрии внутренняя часть ледникового покрова Гренландии находится в равновесии, при этом его периферийная часть истончается [Rignot, Kanagaratnam, 2006]. Наибольшая потеря льда происходит в зонах, где образуются выводные ледники или ледники стока. Эти ледники спускаются с возвышенности через речные долины и каналы [Krabill et al., 2000]. Они характеризуются преимущественно ламинарным режимом движения льда [Суходровский, 1970] и могут набирать скорость до 25-30 м/сут [Короновский, Якушова, 1991]. Движение ледников первостепенно связано с речной сетью, которая в свою очередь закладывается по определенным направлениям, которые имеют разломно-тектоническое происхождение [Чувардинский, 2008]. В результате воздействия тектонических движений, абрадирующий деятельности льдов четвертичных оледенений, субаэральных и морских процессов сформировался рельеф прибрежных территорий Гренландии. Полоса берега, свободная ото льда, шириной от 2 до 180 км представляет собой систему массивов, раздробленных сбросами. Береговые хребты отличаются большой высотой (до 1600 м), острыми формами и сильным горным оледенением [Авилов, 1962]. «Особенными» частями береговой линии являются так называемые фьорды и шхерные острова. Высота надводных и подводных бортов фьордов достигает сотен метров, иногда 2-2,5 км. Фьорды часто пересекаются между собой под прямыми углами, образуя решетчатый в плане рисунок, и теснейшим образом связаны с системами неотектонических разломов земной коры [Чувардинский, 2010].

Сегодня эта территория испытывает новые тектонические изменения. В результате уменьшения массы ледникового покрова происходит гляциоизостатическое поднятие

скалистого побережья [Хворостовский, 2010]. Некоторые станции фиксируют подъем на 15 мм. В 2010 году в южной части Гренландии ледяной покров уменьшился на дополнительные 100 млрд тонн в результате чего коренные породы в некоторых местах поднялись на 20 мм.

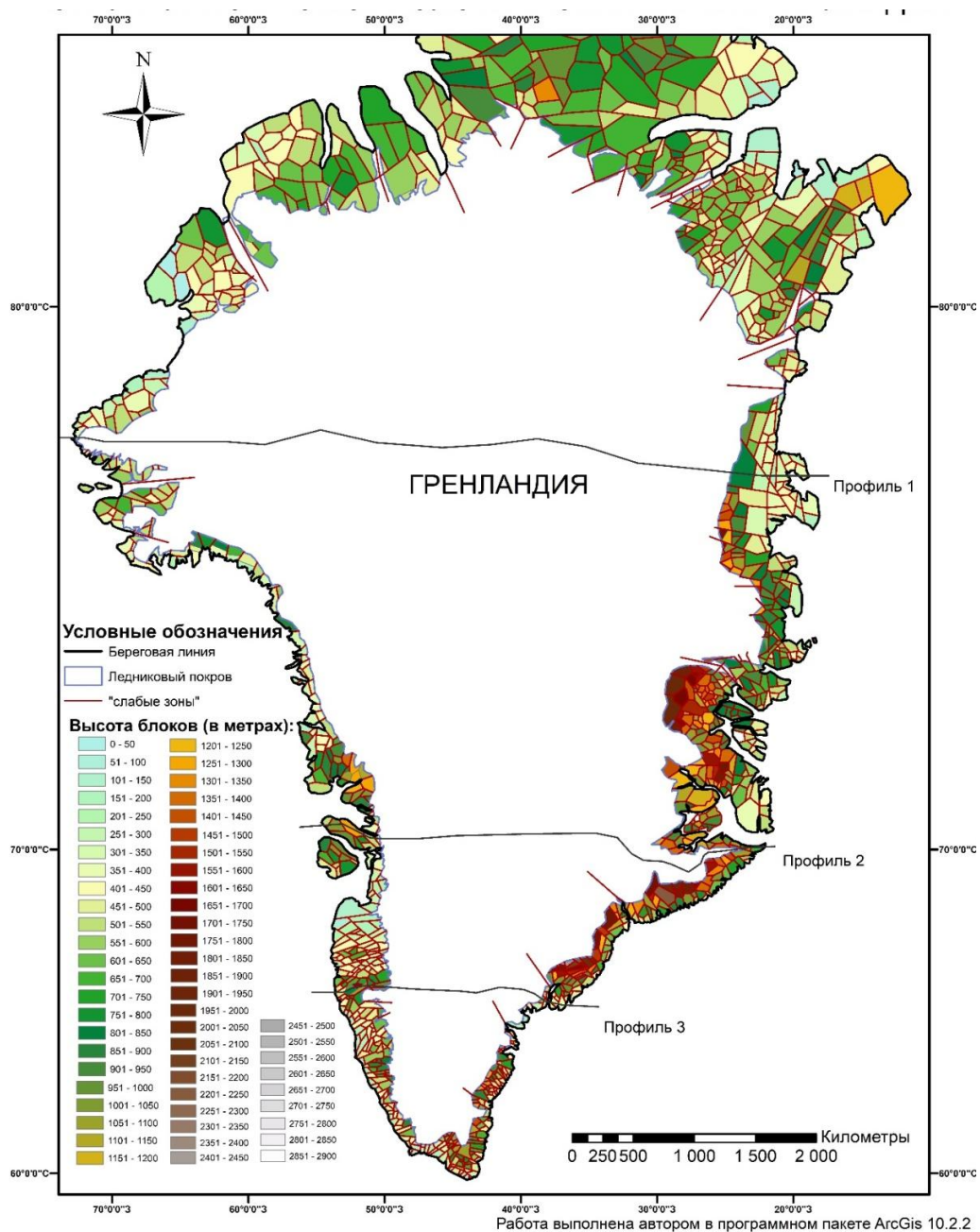


Рис. 1. Структурно-геоморфологическая карта Гренландии.

### Структурно-геоморфологический анализ территории

Структурно-геоморфологический метод основан на изучении особенностей современного рельефа и выявлении новейших структур [Костенко, 1999]. Для проведения структурно-геоморфологического исследования автором был собран ГИС-проект, в который вошли космические снимки, радарные снимки, геологическая карта Гренландии. Все карты были привязаны к одной географической проекции в программном пакете Global Mapper 18v. Новейшие технологии картирования позволили построить структурно-геоморфологическую карту Гренландии в 1:1 000 000 масштабе, а также три поперечных профиля (Рис. 1, 2). Все построения проводились в программном пакете ArcGis 10.2.2.

Анализ выявил сеть новейших нарушений, установленных с помощью так называемых “слабых зон”. Под “слабыми зонами” подразумеваются зоны трещиноватости, дробления пород и разрывов, т.е. зоны тектонического воздействия [Костенко, 1999]. Эти “слабые зоны” наиболее (в энергетическом смысле) благоприятны для эрозии, в частности линейной. В таких зонах образуются фьорды и другие гидрологические и ландшафтные объекты: озера, каньоны, заливы, перешейки, долины меандрирующих рек и т.д. Такие типы рельефа являются геоморфологическим выражением новейшего разломообразования и выделялись в ходе структурно-геоморфологического анализа по следующим признакам:

- фьорды и шхеры нередко ориентированы по четырем направлениям, имеют резкие коленообразные изгибы, крестообразную форму;
- фьорды часто пересекаются и ориентированы под прямым углом друг к другу;
- направление фьордов может резко меняться на 90 градусов [Чувардинский, 2008].

Далее были нанесены границы ледникового покрова, которые соотнесены со “слабыми зонами”. Выделено, что по всей территории стоки ледников совпадают с направлениями “слабых зон” (Рис. 1). Именно здесь происходят максимальные потери в массе ледников.

Выполнена оценка высот каждого блока, где цветом обозначена амплитуда поднятий блоков за конэрозионный этап развития рельефа.

При анализе карты выделено, что восточная и юго-западная часть побережья разбита густой сетью “слабых зон”. Высоты блоков варьируются в пределах от 50 м до 1600 м над уровнем моря, в среднем 500 м. Северное побережье менее расчленено и представлено серией крупных блоков с высотами от 100 м до 1000 м над уровнем моря.

Построены 3 поперечных профиля. Профили были дешифрованы на наличие новейших разрывов, выделены границы ледникового покрова. Вынесены данные по скважинам в ледниковом покрове Гренландии [Чувардинский, 2012]. Наблюдается, как характерно изменяется ледниковый рельеф от центральной части к его периферии (Рис. 2)

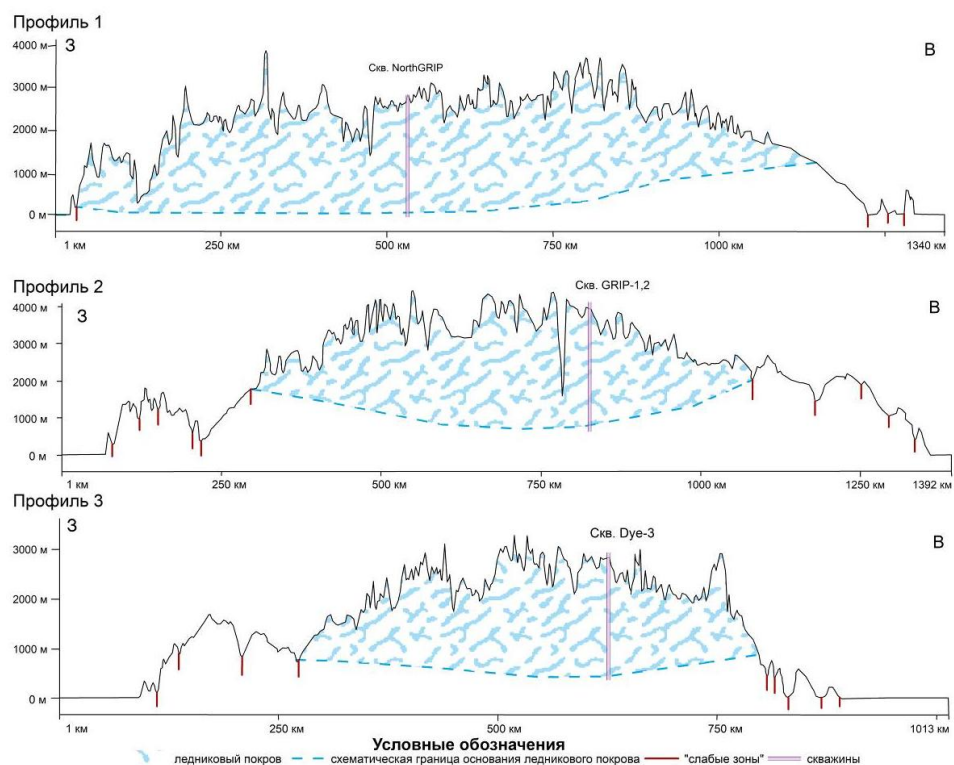


Рис. 2. Поперечные профили Гренландии. Положение профилей смотреть на рис. 1.

### Выводы

В ходе структурно-геоморфологического исследования сделан вывод, что в слабых зонах ледники легко эродировать поверхность, что приводит к образованию большего количества зон выхода ледников к морю. Таким образом, динамика таяния ледников и новейших тектонических процессов находятся в комплексной взаимосвязи, оказывая влияние на геоморфологическую структуру и климатические условия окружающей среды Гренландии. Для юго-западного и восточного побережья характерна сильная расчлененность рельефа, что говорит о сильном тектоническом воздействии на эти территории. Такая особенность рельефа способствует ускоренному таянию ледников, что подтверждается литературными источниками [Rignot, Kanagaratnam, 2006]. По литературным данным известно, именно к этим районам приурочены зоны максимального таяния ледников.

Данная работа показала, что понимание взаимосвязи геоморфологической структуры рельефа Гренландии и ледникового покрова позволяет более точно оценивать и прогнозировать динамику таяния ледников и его влияние на окружающую среду.

### ЛИТЕРАТУРА:

- Авилов И.К. Особенности строения рельефа и грунтов в районе юго-восточной Гренландии // Труды ВНИРО, 1962, Том 46, Сб. 1.
- Говорушко С.М. Ледники и их значение для человеческой деятельности // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2006. №. 6. С. 60-70.
- Давыдова М.Е., Туркин А.А. Влияние арктических льдов на планету земля. Причины и последствия таяния льдов Арктики // Творчество юных - шаг в успешное будущее: Арктика и её освоение. Томск, 2016. С. 143-144.
- Короновский Н.В., Якушова А.Ф. Основы геологии. Высш. шк., 1991. с. 6-3.
- Костенко Н.П. Геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1999, с. 348-373.
- Суходровский В.Л. [О роли ледников в происхождении рельефа Земли Франца-Иосифа](#) // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. Л., Гидрометеиздат, 1970. С. 57-60.
- Хворостовский К.С., Бобылев Л.П., Иоханнессен О.М. Изменение высоты Гренландского ледникового щита с 1992 по 1999 г. по данным спутниковой альтиметрии // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2003. №. 2. С. 64-74.
- Чувардинский В.Г. [Букварь неотектоники. Новый взгляд на ледниковый период.](#) Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 2008. 85 с.
- Чувардинский В.Г. [К вопросу о материковом оледенении Фенноскандии](#) // Известия Русского географического общества. 2010. Т. 142. №. 5. С. 32-37.
- Чувардинский В.Г. [Результаты сквозного разбуривания ледниковых покровов Арктики и Антарктиды и их значение для решения проблем четвертичного периода](#) // Известия Русского географического общества. 2012. Т. 144. № 2. С. 28-41.
- Krabill W., Abdalati W., Frederick E., Manizade S., Martin C., Sonntag J., Swift R., Thomas R., Wright W., Yungel J. [Greenland ice sheet: High-elevation balance and peripheral thinning](#) // Science. 2000. Vol. 289. № 5478. P. 428-430.
- Rignot E., Kanagaratnam P. [Changes in the velocity structure of the Greenland Ice Sheet](#) // Science. 2006. Vol. 311. № 5763. P. 986-990.
- White L.F., Bailey I., Foster G.L., Allen G., Kelley S.P., Andrews J.T., Hogan K., Dowdeswell J.A., Storey C.D. [Tracking the provenance of Greenland-sourced, Holocene aged, individual sand-sized ice-rafted debris using the Pb-isotope compositions of feldspars and  \$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}\$  ages of hornblendes](#) // Earth and Planetary Science Letters. 2016. Vol. 433. P. 192-203.

## **INFLUENCE OF GEOMORPHOLOGICAL FACTORS ON THE MOVEMENT OF THE GREENLAND ICE SHEET**

*Lukyanycheva M.*

St.Petersburg State University

The study assesses the influence of geomorphological features and the newest tectonic processes on the dynamic equilibrium of the Greenland ice sheet. In this paper, a structural-geomorphological analysis of the territory of Greenland is carried out, the causes and mechanisms of glacier melting, the impact of recent tectonic processes and the role of glaciers on the formation of the relief of coastal areas are considered.

Key words: *Greenland ice sheet, geomorphology, melting glaciers, structural-geomorphological analysis.*