

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЕКТониКИ И ГЕОДИНАМИКИ
ПРИ ОНЗ РАН
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК (ГИН РАН)
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ им. М.В.ЛОМОНОСОВА

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕКТониКИ И ГЕОДИНАМИКИ

Материалы LI Тектонического совещания

Том 1

Москва
ГЕОС
2020

УДК 549.903.55 (1)
ББК 26.323
Т 67

**Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики. Том 1.
Материалы ЛII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2020.
384 с.**

ISBN 978-5-89118-808-2

Ответственный редактор
К.Е. Дегтярев

Материалы совещания опубликованы при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ),
проект № 21-05-20001

*На 1-й стр. обложки: Складки в карбонатах Ош Сулейман-гора
(Фото А.В. Кушнаревой).*

ББК 26.323

© ГИН РАН, 2020
© ГЕОС, 2020

«Прикладные аспекты динамической геологии», посвященной 110 годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909–1984): <http://www.geodisaster.ru/uploads/images/konferencia/Gorchkov.pdf>. М.: Изд-во "Пепo", 2019. С. 85–89.

В.Г. Захаров¹

Гляциотектоника крупных шельфовых ледников Антарктиды в XX столетии

Для колебаний шельфовых и выводных ледников Антарктиды характерны: смена периодов наступаний и отступаний края ледников при обломах айсбергов определяется сменой меридиональной и зональной форм атмосферной циркуляции; при нагонах и повышении уровня моря плавающие части ледников отрываются от подводных опор и смещаются к северу; циркумполярные сёрджи Антарктиды завершаются (практически одновременно) транспортом материковых льдов и морен в морские части покрова с периодичностью лунно-солнечных приливов 18.6 лет; при спонах и понижениях уровня моря плавающие части ледников вновь садятся на поднятия дна и замедляют своё продвижение к северу; при крайних северных положениях фронтов ледников происходит облом айсбергов и, соответственно, отступление морских границ ледников к югу [1, 2].

Шельфовый ледник Фильхнера. По данным [3], площадь соединяющейся системы шельфовых ледников Фильхнера-Ронне составляет 529800 км². При этом на долю шельфового ледника Фильхнера приходится примерно одна треть этой площади (рис. 1А, б, 2 А) [1].

Обобщение карт и дешифрирование космических снимков шельфового ледника Фильхнера показали, что с 1912 по 1986 г. для него были характерны значительные колебания края, и объемов льда, а также изменения морфологии и уровня поверхности, отражающие гляциотектонику подводной части (рис. 1 А). За 39-летний период наступания (1947–1986 гг.) на леднике произошли три периода ускорения движения (сёрджи): в 1947–1956 (рис. 1 А, б, в), 1969–1976 (рис. 1 А, г, д), и 1976–1986 гг. (рис. 1 А, д, е) [1].

¹ Геологический институт РАН (ГИН РАН), Москва, Россия; zakharov_vg@mail.ru

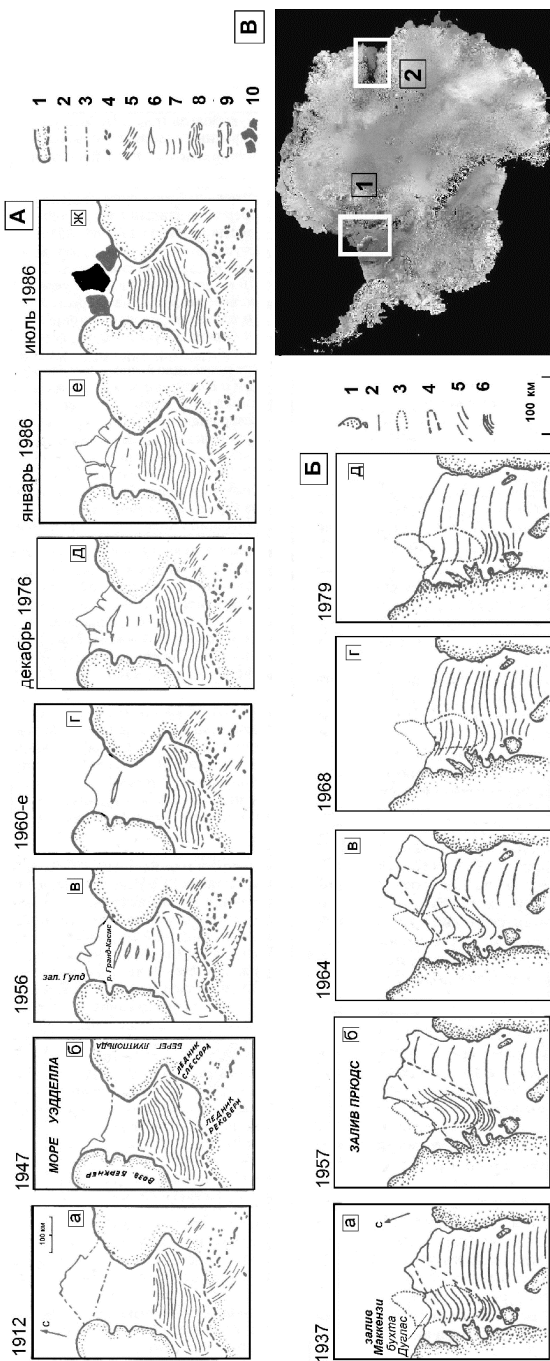


Рис. 1. Гляциотектоника шельфовых ледников Фильхнера и Эймери в XX столетии по картам и космическим фотоснимкам.

А. Реконструкция динамики и морфологии поверхности шельфового ледника Фильхнера по картам 1912, 1947, 1956, 1960-х гг. (а, б, в, г) и космическим фотоснимкам 1986 г (е, ж).

1 – материковый ледниковый покров; *2* – положение барьера ледника; *3* – предполагаемая линия отрыва айсбергов шельфового ледника; *4* – нунатаки, горы; *5* – выводные ледники; *6* – расселины; *7* – сомкнутые трещины и расселины; *8* – зона сжатия льда; *9* – зона растяжения льда; *10* – айсберг.

Б. Реконструкция динамики и морфологии поверхности шельфового ледника Эймери по картам 1937, 1957, 1964, 1968 гг. (а, б, в, г) и космическим фотоснимкам 1979 г. (д). *1* – материковый ледниковый покров, ледниковые купола и возвышения; *2* – положение барьера ледника; *3* – граница поднятия дна фьорда ледника; *4* – граница области повышения поверхности ледника над поднятием дна фьорда; *5* – зоны растяжения льда; *6* – зоны сжатия льда.

В. Расположение исследуемых шельфовых ледников Антарктиды на космическом снимке. *1* – шельфовый ледник Фильхнера, Западная Антарктида, море Уэдделла; *2* – шельфовый ледник Эймери, Восточная Антарктида, залив Прюдс

В процессе подвижек происходило увеличение площади с растяжением ледниковой плиты и перераспределением льда из тыловых частей к периферии. При первой подвижке формировались крупные поперечные разломы и понижалась поверхность в тылу ледника; при второй – образовывались обширные зоны трещиноватости. После подвижек при компенсационном подтоке льда в шельфовый ледник происходила смена зоны растяжения на зону сжатия (рис. 1 А, в, г). Это вызывало смыкание всех крупных трещин и поперечных разломов кроме Гранд-Касмс (рис. 1 А, д, е) [1].

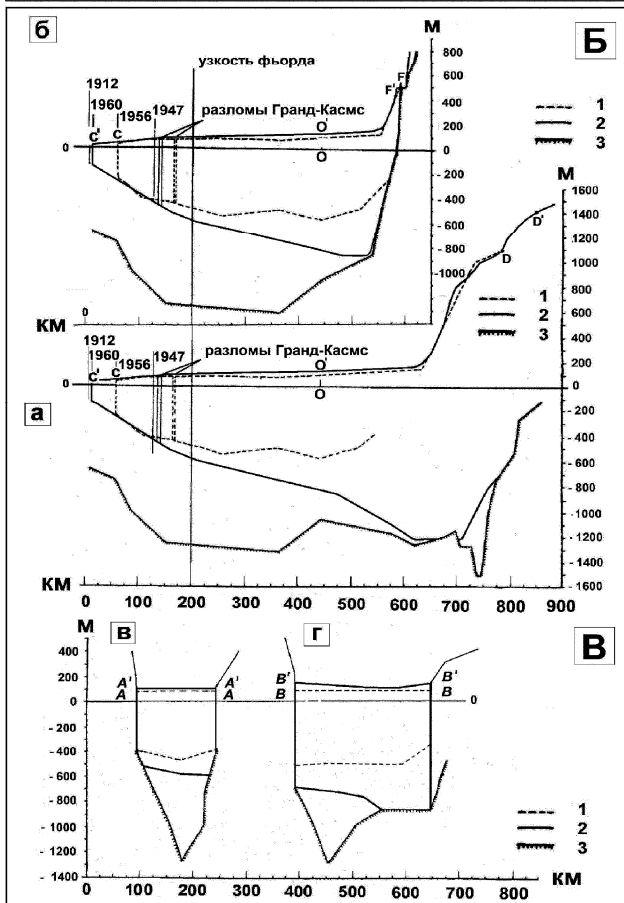
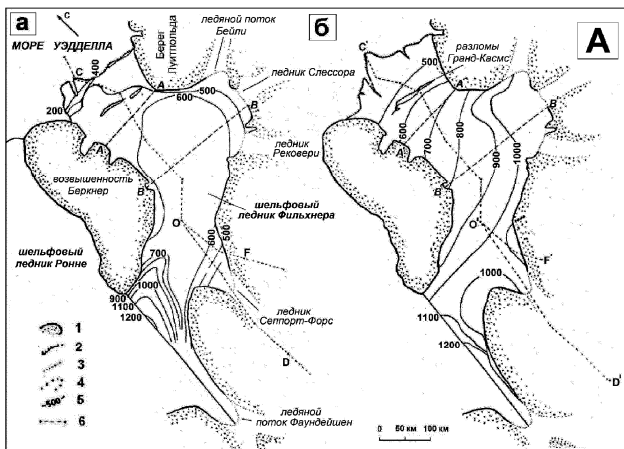
Третья подвижка ледника Фильхнера происходила в большей степени за счет ускорения вращения ледниковых блоков в его краевой части (рис. 1 А, д, е). В связи с этим увеличивались длина и ширина всех внешних разломов ледника, а также разломов Гранд-Касмс. По ним в июне–июле 1986 г. произошел облом трех крупных айсбергов А-22, 23, 24, общей площадью 13.2 тыс. км², объемом в 5940 км³ (рис. 1 А, е, ж) [1].

Отличительные особенности данных подвижек: первая охватывала практически весь ледник, вторая затрагивала в основном его западную часть, а третья наиболее активно проявилась в области от барьера шельфового ледника до разломов Гранд-Касмс. Было установлено: период между двумя выдвиганиями края шельфового ледника Фильхнера близок к 50 годам (рис. 1 А, а, е) [1].

Шельфовый ледник Эймери. Площадь шельфового ледника Эймери по данным [3] составляет 39300 км. Питается ледник Эймери несколькими выводными ледниками, в том числе ледником Ламберта – самым протяженным выводным ледником Антарктиды.

Сведения о положении фронта и динамике шельфового ледника Эймери и дешифрирование космических снимков 1978–1986 гг. позволили оценить колебания фронта ледника со второй половины 30-х до середины 80-х годов [1]. С 1937 по 1986 г. для ледника Эймери были характерны: максимальное продвижение до 1964 г., отступление, а затем вновь наступание. При этом фронт ледника продвигался неравномерно. Быстрые подвижки (сёрджи) отчетливо проявились дважды в 1937–1957 (рис. 1 Б, а, б) и 1968–1979 гг. (рис. 1 Б, г, д)

Первая подвижка проходила активно и завершилась образованием в 1964 г. гигантского айсберга (площадь 12 тыс. км², объем 5400 км³) (рис. 1 Б, в). Вторая была выражена слабее. При подвижках в леднике Эймери происходило перераспределение льда из тыловых частей к периферии с понижением уровня поверхности в новых зонах растяжения (рис. 1 Б, б, д).



← **Рис. 2.** Приращение толщины и площади шельфового ледника Фильхнера при сёрдже 1957/1958–1969/1970 гг. по данным повторных сейсмических съёмок.

А. Толщина шельфового ледника Фильхнера в 1957/1958 гг. (1) и в 1969/1970 гг. (2). 1 – материковый ледниковый покров и купола; 2 – положение барьера ледника; 3 – неопределенные границы шельфового ледника; – границы выводных ледников и ледяных потоков; 5 – изолинии равной толщины льда в м; 6 – продольные и поперечные профили.

Б. Повторные вертикальные разрезы шельфового ледника Фильхнера по продольным профилям: а – COD в 1957/1958 г.г. (1) и C'O'D' в 1969/1970 г.г. (2); б – COF в 1957/1958 г.г. (1) и C'O'F' в 1969/1970 г.г. (2).

В. Повторные вертикальные разрезы шельфового ледника Фильхнера по поперечным профилям: в – AA в 1957/1958 г.г. (1) и A'A' в 1969/1970 г.г. (2); г – BB в 1957/1958 г.г. (1) и B'B' в 1969/1970 г.г. (2). Коренные породы (3)

На завершающих этапах сёрджей ледника Эймери происходили замедления продвижения его фронта в 1957–1964 (рис. 1 Б, в) и 1964–1968 гг. В эти периоды растяжение ледниковой плиты менялось на сжатие, а уровень поверхности ледника повышался (рис. 1 Б, а, г).

По космическим фотоснимкам шельфового ледника 1970-х годов у самого барьера в бухте Дуглас были выделены два небольших ледниковых возвышения, находящихся в районе указанного выше подводного поднятия (рис. 1 Б, г, д). Сравнение очертаний края ледника Эймери на карте 1937 г. и космическом фотоснимке 1979 г. показало, что бухта Дуглас и указанные небольшие возвышения просуществовали почти 50 лет и обозначают выступающие гребни подводной гряды фьорда шельфового ледника [1].

Гляциотектоника шельфового ледника Фильхнера. На рис. 2 А представлены две карты толщин шельфового ледника Фильхнера, полученные по данным сейсмозондирования в период МГГ [4] и радиозондирования в 1969–1970 гг. [5]. Указанные повторные съёмки позволили оценить масштабы изменений размеров и объемов льда шельфового ледника после его 9-летней подвижки (рис. 2 А, а) и в период замедления компенсационного подтока льда выводных ледников в шельфовый (рис. 2 А, б) [1].

Из рис. 2 А, а, видно: при первой съёмке толщина средней области ледника составляла 500–600 м. Наибольшие толщины наблюдались в тыловой части ледника Фильхнера в виде мощного потока льда (от 700 до 1200 м) со стороны шельфового ледника Ронне. Иная картина видна на второй карте (рис. 2 А, б) по съёмкам 1969–1970 гг. Здесь толщины ледника существенно выше: от 500 м у барьера ледника до 100–1200 м в тыловой части (рис. 2 А, б).

Подсчеты показали: объем льда, поступавшего в шельфовый ледник Фильхнера за 10–12 лет, составил 26.7 тыс. км³. Реальные ошибки методов сейсмозондирования 1957–1958 гг. и радиозондирования 1969–1970 гг. говорят о том, что подобная оценка прироста льда в леднике возможна, а ошибка к 26.7 тыс. км³ составила всего 7.8 % или ± 2.08 тыс. км³ [1].

Карты рис. 2 А были использованы для построения продольных и поперечных вертикальных разрезов шельфового ледника (рис. 2 Б, В). Разрезы отражают процесс наращивания объема льда в леднике за 10–12 лет. На поперечных разрезах АА и ВВ (рис. 2 Б, а, б) видно: после подвижки ледника 1947–1956 гг. уровень льда понизился, а нижняя поверхность шельфового ледника при этом оказалась выше коренных берегов фьорда. К 1969–1970 гг. в результате притока льда уровень поверхности ледника Фильхнера повысился и более мощный ледник стал соприкасаться с коренными берегами фьорда [1].

Анализ полученных данных по увеличению объема ледника с 1957/1958 по 1969/1970 гг., показал: обломившаяся в 1986 г. часть шельфового ледника Фильхнера в 26.7 тыс. км³ составила 22.2% прироста льда за 10–12 лет. При таянии на нижней поверхности шельфового ледника по 4 м/год, расход льда для зоны его краевой части шириной в 50 км составит около 53 км³. Тогда за 12 лет донное таяние будет оцениваться в 636 км³, или 2.4 % величины прироста льда за эти годы. Таким образом, несмотря на столь высокий расход льда за счёт айсбергов баланс ледника шельфового ледника Фильхнера в течение 12 лет остался положительным [1].

Литература

1. *Захаров В.Г.* Колебания ледников Антарктиды. М.: Аккоринформиздат, 1994. 128 с.
2. *Захаров В.Г., Сидоренков Н.С.* Влияние лунно-солнечных приливов на айсберговый сток Антарктиды // Метеорология и гидрология. 2013. № 2. С. 49–55.
3. *Суетова И.А.* Основные морфометрические характеристики Антарктиды // Гляциология. IX раздел программы МГГ. М.: Наука, 1968. 71 с.
4. *Нейбург Х.А., Тиль Е., Уолкер П.Т., Берендт Дж. К., Аугенбауг Н.Б.* Шельфовый ледник Фильхнера // Вопросы динамики и современной эволюции ледников. М.: Прогресс, 1964. С. 264–273.
5. *Filchner Ronne Ice Shelf Programme. Report № 1* (1984). Brewmerhaven, 1985. P. 38