

УДК 551.324.54+528.74

## ДИНАМИКА КОЗЕЛЬСКОГО ЛЕДНИКА ПО АЭРОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

***Свирид И. Ю., Шевченко А. В.***

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН  
г. Петропавловск-Камчатский*

Авторами впервые было произведено сравнительное морфометрическое исследование Козельского ледника с интервалом 33 года стереофотограмметрическим методом. С целью получения сравнительных характеристик была выполнена фотограмметрическая обработка снимков 1977 г. и 2010 г. Для Козельского ледника созданы цифровые модели рельефа на 1977 и 2010 гг., построены топографические планы в масштабе 1:5000, определены количественные характеристики на обе даты, выявлено уменьшение объёма.

*Ключевые слова: вулкан Козельский, ледник, аэрофотограмметрия.*

Объект настоящей работы – ледник Козельский – ближайший к Петропавловску-Камчатскому ледник, расположен на южном склоне седловины между вулканами Авачинский и Козельский, перемётно-долинного типа. В 70-х годах прошлого века был выбран репрезентативным ледником Авачинского узла оледенения и достаточно хорошо исследован, чтобы считаться самым изученным ледником Камчатки [1]. Тем не менее, работ по исследованию динамики ледника высокоточными инструментальными методами до сих пор не производилось. Данная работа имеет цель восполнить это упущение.

Метод, используемый в настоящей работе – стереофотограмметрический. Исходными материалами для работы послужили: аэрофотоснимки ИВ ДВНЦ АН СССР 5 августа 1977 г. и аэрофотоснимки, полученные цифровой камерой Canon EOS 20D фотографом ИВиС ДВО РАН Сокоренко А. В. 7 октября 2010 г.

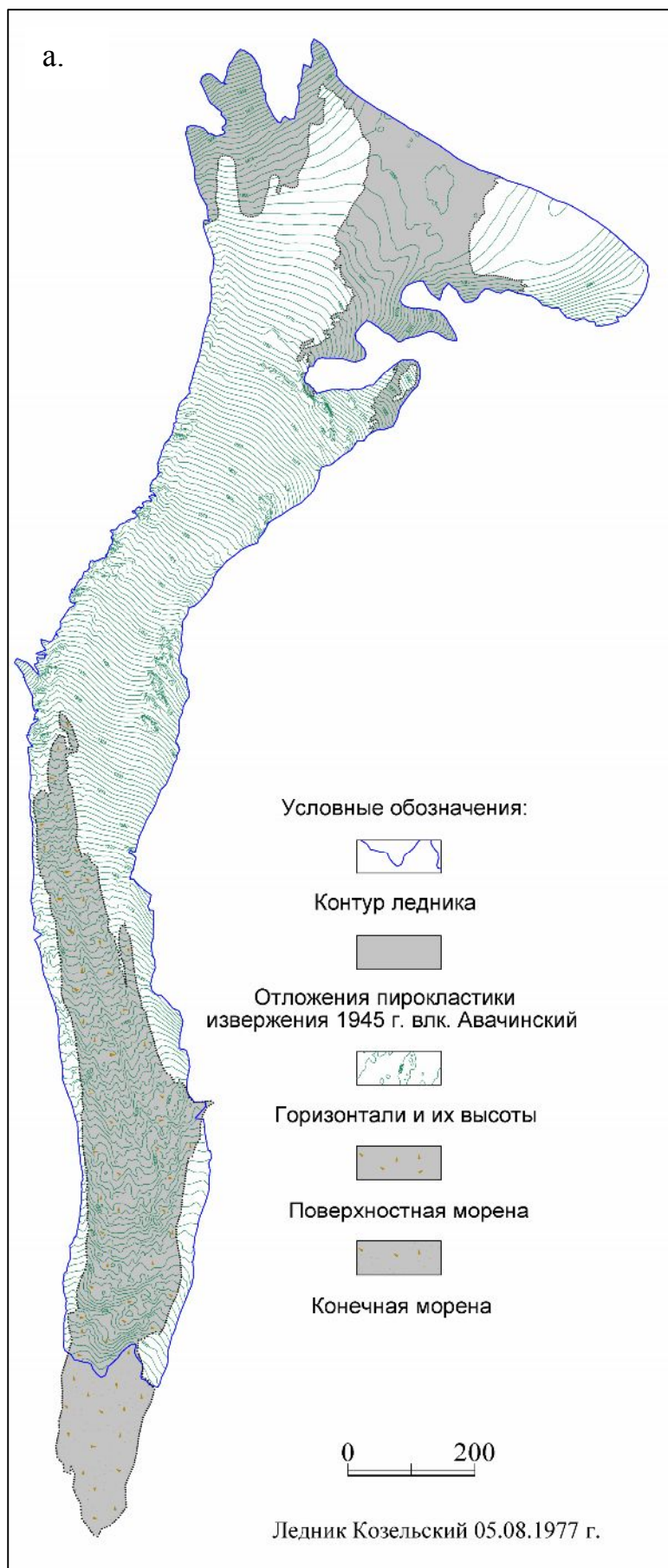


Рис. 1 а.

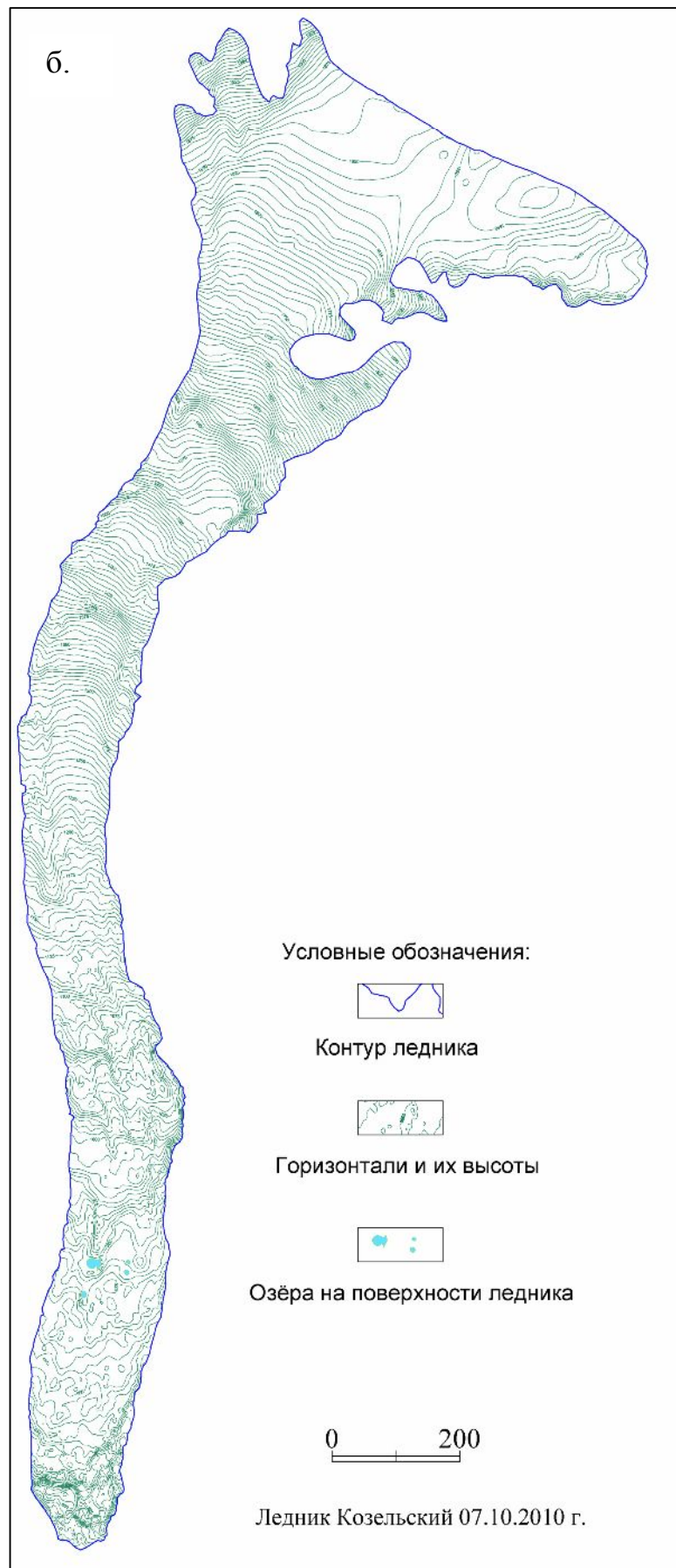


Рис. 16.

В результате обработки с помощью программного комплекса РНО-ТОМОД 4.3 созданы цифровые модели рельефа, построенные на обе даты с точностью  $\pm 1,5$  м. Эти модели могут послужить основой для представления поверхности ледников в трёхмерном виде, но способом представления, наиболее подробно и точно иллюстрирующим динамику и морфологические особенности объекта, по-прежнему остаются топографические планы и профили. На рис. 1 (а, б) отображены уменьшенные копии планов, составленных в масштабе 1:5000 с сечением рельефа 5 м.

В 1977 г. поверхность ледника в области питания была частично покрыта отложениями пирокластики извержения Авачинского вулкана 25 февраля 1945 г. Ледник имел поверхностную морену, а также конечную – протяженностью 500 м в плане.

К 2010 г фронт ледника продвинулся на 550 м вперёд, полностью поглотив конечную морену, зафиксированную в 1977 г. Высота подножья фронтальной части ледника спустилась при этом с отметки 880 до 770 м (в балтийской системе высот).

Площадь ледника только лишь за счёт продвижения фронтальной части и расширения т. о. нижней границы, увеличилась в целом на 67 000 м<sup>2</sup> (площадь зоны выноса составляет 172 500 м<sup>2</sup>). В пределах же границ 1977 г. площадь его поверхности сократилась на 105 500 м<sup>2</sup> из-за того, что тело ледника в этих границах стало существенно уже.

Уровень поверхности в пределах границ 1977 г понизился в среднем на 9 м, а убыль объёма здесь составила 20 000 000 м<sup>3</sup>, только 4 650 000 м<sup>3</sup> из которых не являются потерями за счёт абляции, а составляют объём оттока льда.

Возможным признаком такого движущего фактора деградации ледника, как ухудшение гляциоклиматических условий, является появление в его нижней части поверхностных озёр шириной до 46 м, имеющих крутые субвертикальные борта высотой 2 – 6 м.

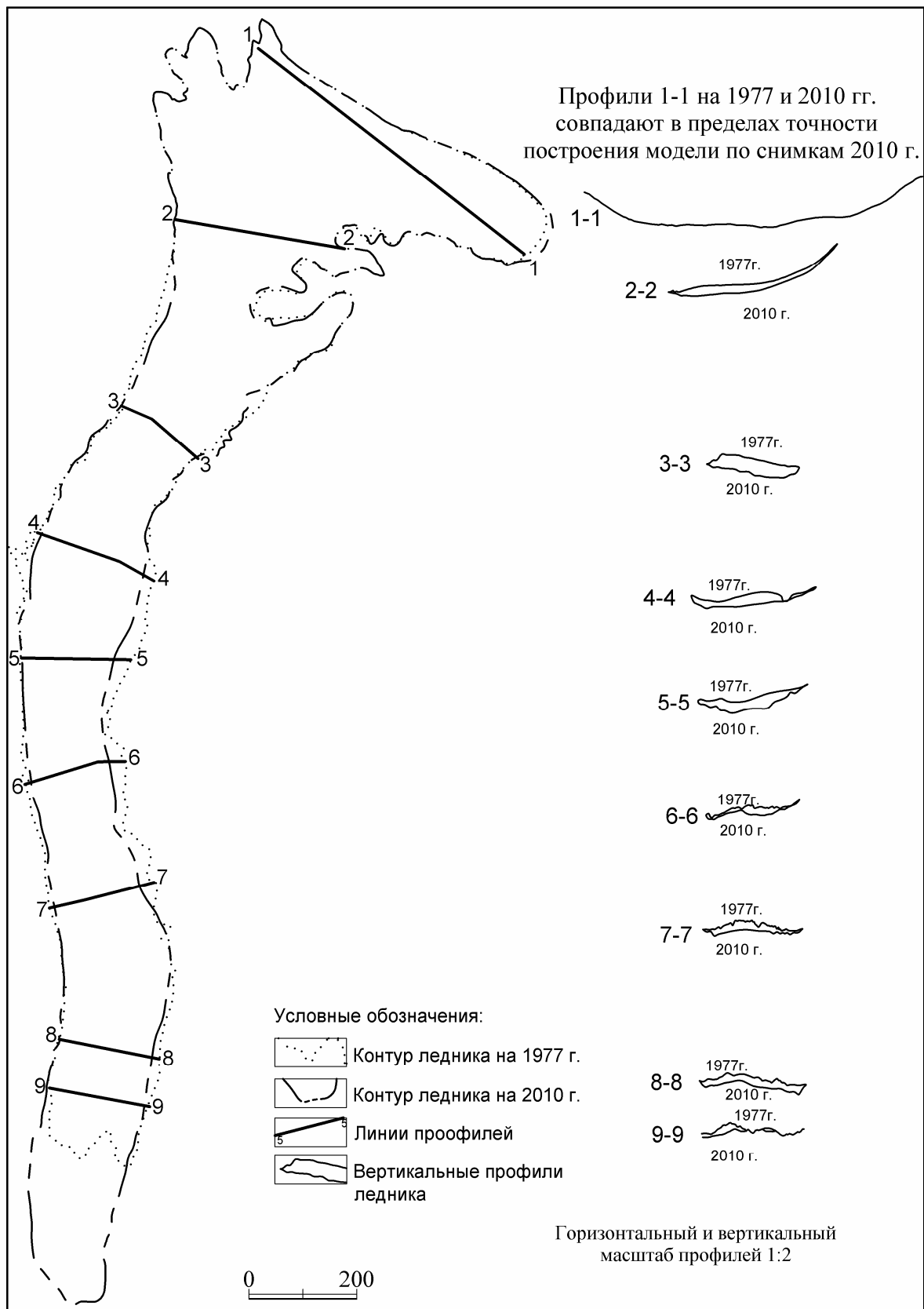


Рис. 2. Динамика Козельского ледника за период 1977 – 2010 гг.

Динамику поверхности ледника иллюстрирует рис. 2, на котором изображены линии контура на обе даты, а также вертикальные поперечные профили. Отчётливо видно, что если в области питания изменения поверхности не столь значительны (изменения в сечении первого профиля в пределах точности построения стереомоделей), то в области расхода понижения достигают первых десятков метров, а прежде почти всюду выпуклый профиль сечений сменился уплощённым и даже вогнутым.

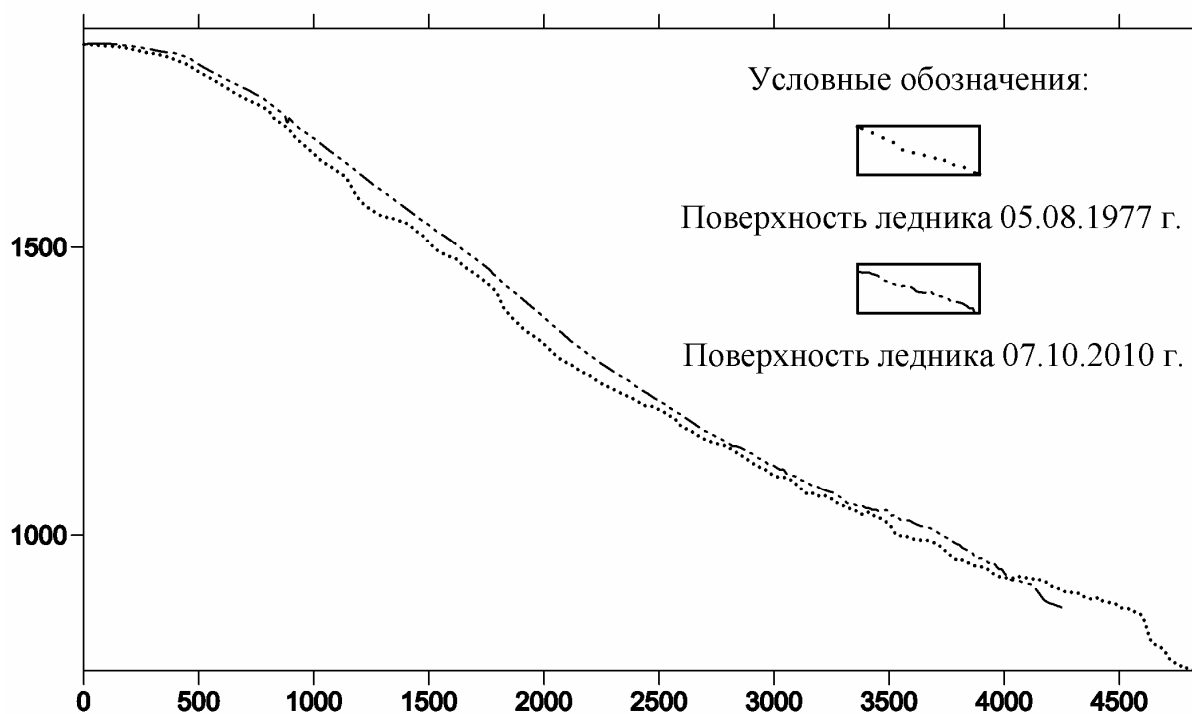


Рис. 3. Продольные профили Козельского ледника на 05.08.1977 г. и 07.10.2010 г.

Продольные профили ледника, построенные по осевой линии, показаны на рис. 3. Максимальные понижения поверхности, наблюдаемые в средней части, имеют величины порядка 35-40 м.

Подвести итог изменений за 33 года количественными данными могут следующие установленные численные характеристики:

- площадь поверхности Козельского ледника на 1977 г. – 2,241 км<sup>2</sup>,
- площадь поверхности Козельского ледника на 2010 г. – 2,308 км<sup>2</sup>,
- продвижение фронта ледника – 550 м,
- уменьшение объёма ледника – 15 350 000 м<sup>3</sup>.

Увеличение площади произошло из-за продвижения фронта и растяжения ледника, на фоне чего, без объективных инструментальных морфометрических исследований, уменьшение объёма могло бы остаться незамеченным.

Поиск этиогенезиса зафиксированных явлений выходит за рамки настоящей работы. Тем не менее, следует отметить, что хотя наиболее вероятной причиной уменьшения объёма являются климатические изменения, такие как увеличение температуры, продолжительности воздействия солнечного излучения, или уменьшение количества осадков, нельзя полностью исключать и закономерного характера событий, возможно даже периодического, судя по имевшейся в 1977 г конечной морене, сопоставимой по протяженности с величиной продвижения к 2010 г. Несомненно, увеличение площади поверхности ледника, вследствие растяжения при подвижке, вызывает и увеличение его восприимчивости к температурным и лучевым воздействиям [2].

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН (проект № 11-III-B-08-204).

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Виноградов В. Н., Муравьев Я. Д. Ледник Козельский (Авачинская группа вулканов). – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 119 с.
2. A. Post, S. O'Neel, R. J. Motyka and G. Streveler. A Complex Relationship Between Calving Glacier and Climate//Eos, Transactions, American Geophysical Union. The Newspaper of the Earth and Space Sciences. – 2011. – Vol. 92 – № 37. P. 305 – 306.

DYNAMICS OF KOZELSKY GLACIER ACCORDING  
TO PHOTOGRAMMETRIC DATA.

*Svirid I. Yu., Shevchenko A. V.*

*The Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS.*

The comparative morphometric investigation of Kozelsky glacier with the thirty three years interval using stereophotogrammetric method has been performed for the first time. The photogrammetric processing of the 1977 and 2010 photographs was carried out to obtain the comparative characteristics. Digital terrain models of Kozelsky glacier dated 1977 and 2010 were built, the 1:5000 topographic plans were created, the quantitative characteristics for the two dates were determined and the volume decreasing was detected.