

В.Н.Виноградов, Я.Д.Муравьев

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕДНИКОВ ВУЛКАНИЧЕСКИХ РАЙОНОВ КАМЧАТКИ

Вулканическая деятельность оказывает на оледенение неоднозначное влияние. Оно может проявляться в резких подвижках, в сокращении и в консервации ледников.

На основании геоморфологического анализа и сопоставления с другими горными районами СССР максимальное развитие современных ледников, выраженное в незалесенных и незадернованных моренных комплексах с толщами мертвых льдов, датируется на Камчатке серединой XIX в. [2]. За прошедшее столетие почти все ледники отступили на 1-3 км, но на фоне общей деградации отмечаются отдельные их подвижки. В 1959-1961 гг. на западном склоне Плоских сопок активно наступал ледник Бильченок. Первые сведения о его состоянии приводятся Б.И.Пийпом [10], который отметил отступление ледника в 1940-х годах и 300-метровую полосу свежей конечной морены. По-видимому, до начала подвижки ледник в целом отступил на расстояние до 0,5 км от нижнего конца моренного комплекса.

В феврале 1959 г. в результате гигантского обвала из области питания Бильченок начал быстро продвигаться [з]. Смятие снежного покрова в складки и выпахивание бортов долины, отмечавшиеся наблюдателями, свидетельствовали о высокой скорости движения в первые месяцы подвижки. За два года ледник, пройдя около 2 км, полностью перекрыл свою конечную морену, напоз на небольшую сопку, поросшую кустарником, и достиг деревьев, возраст которых был не менее 40 лет. После прекращения пульсации ледник стал быстро отступать. Летом 1964 г. на Бильченке проводились гляциологические исследования, показавшие, что ледник отступил от своего максимального положения на 15-20 м. Величина таяния, измеренная в средней части языка, за теплый сезон составила 6 м. При посещении в июле 1975 г. оказалось, что конец ледника отступил почти на 2 км, его поверхность в долинной части понизилась на 60-80 м, а площадь сократилась на 2,6 км². В 1976-1977 гг., после 17-летнего перерыва Бильченок снова наступал. Движением была охвачена долинная часть ледника до высоты 1100 м. Лоб языка высотой около 20м, сильно расчлененный трещинами, перекрыл мертвые льды, оставшиеся от подвижки 1959-1961 гг. В целом ледник продвинулся на 500 м, площадь увеличилась на 0,5 км². Морфологические особенности языка и области питания ледника Бильченок, а также характер подвижек и последующей деградации типичны для пульсирующих ледников; период пульсаций составляет 17-20 лет.

Характерным примером оледенения районов активного вулканизма является ледник Козельский в Авачинской группе вулканов. В последнем десятилетии он стал основным объектом гляциологических исследований на Камчатке, по данным которых можно проследить динамику ледника после извержения Авачинского вулкана в феврале 1945 г. Выпавший тогда из пепловой тучи пирокластический материал полностью перекрыл ледник метровым чехлом. В области питания поверх вулканогенного покрова начал формироваться новый ледник. К 1967 г. его размеры достигли 0,7 км², а в 1968-1976 гг., когда преобладал положительный баланс, область питания Козельского ледника была полностью восстановлена. Одновременно началась подвижка конечной части ледника, с 1967 по 1973 г. продвинувшейся на 100-110 м (рис.1). По-видимому, наступание началось после многоснежных зим 1971-1973 гг. За 1974-1976 гг. ледник продвинулся еще на 220-230 м, а фирновая область достигла максимальных размеров - 1,4 км². В результате подвижки площадь ледника увеличилась на 0,09 км² и в целом составила 1,8 км², а его длина возросла на 330 м (табл.1). Средняя скорость движения в период подвижки в районе фирновой линии равнялась 70-80 м/год, а за 1975-1976 гг. - более 100 м/год. Начиная с 1977г. Козельский ледник вследствие теплых сезонов абляции и некоторого уменьшения количества осадков в холодный период снова начал сокращаться и за три года отступил на 30 м. Из-за мощного моренно-пирокластического чехла на поверхности языка отступление идет медленно.

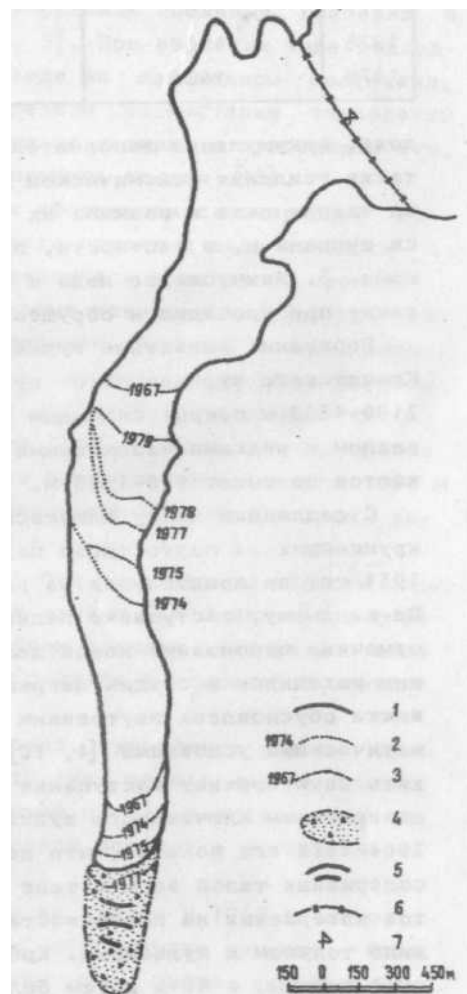


Рис.1. Динамика фирновой линии и конца ледника Козельский в 1967-1979 гг. 1 - граница ледника в 1978 г., 2 - положения фирновой линии в разные годы, 3 - положения конца ледника в разные годы, 4 - конечная морена середины XIX столетия, 5 - отдельные моренные валы, 6 - ледо-раздел между ледниками Козельский и Заварицкого, 7 - метеопост "Седловина"

Таблица 1

Высотное положение фирновой линии и конца Козельского ледника в 1967–1979 гг., м над ур. моря

Год	Высота фирновой границы	Высота нижнего конца ледника
1967	1510	960
1974	1160	920
1975	1210	890
1976	1210	870
1977	1280	880
1978	1330	890
1979	1400	900

Исследования современного оледенения вулканических районов Камчатки, где во второй половине XX столетия имели место извержения вулканов, позволили наряду с планетарными причинами изменчивости ледников выявить специфические, связанные с различными проявлениями вулканизма. Установлены три основных вида изменчивости ледников в результате прямого воздействия вулканизма.

1. Подвижки ледников в результате появления значительного количества воды на контакте ледни-

ложе, аккумуляции дополнительного объема изверженного материала на его поверхности, а также усиления сейсмической деятельности. 2. Сокращение площади и объема ледников из-за таяния льда и размыва их частей талой водой при тепловом воздействии извергающегося вулкана и, в частности, при подледных извержениях и контакте льда с лавовыми потоками. 3. Уничтожение льда и ледников при катастрофических эксплозивных извержениях, а также при просадке и обрушении части вулканической постройки.

Подвижки, вызванные вулканической деятельностью, характерны в основном для ледников Ключевского вулкана. Этот вулкан, один из самых активных в мире, в интервале высот 2100–4200 м покрыт сплошным панцирем льда и фирна, переслаивающихся обломочным материалом и редкими маломощными лавовыми потоками [9]. Отдельные ледниковые языки спускаются до высот 900–1200 м.

С седловины между Ключевским вулканом и массивом Плоских сопок стекает один из крупнейших на полуострове ледник Эрмана. По наблюдениям Б.И.Пийпа [10], между 1945 и 1951 гг. он продвинулся на расстояние около 300 м, увеличив свою площадь на 0,5 км². По-видимому, наступание ледника Эрмана продолжалось до конца 1960-х годов, когда было отмечено наползание конца ледника на альпийскую растительность. В последние годы ледник находился в стадии деградации и омертвления [8]. Существует мнение, что его подвижка обусловлена внутренним неустойчивым состоянием и, возможно, благоприятными климатическими условиями [4, 10]. Не отрицая влияния указанных факторов, можно предположить иную причину наступания ледника, которая обусловлена самым сильным в XX столетии извержением Ключевского вулкана 1945 г. Анализ материалов полевых исследований за 1964–1978 гг. показал, что подвижка ледника Эрмана произошла вследствие увеличения содержания талой воды в теле ледника и аккумуляции большого количества рыхлых продуктов, извержения на поверхности, что при его неустойчивом динамическом состоянии послужило толчком к пульсации. Кроме того, на метеостанциях, расположенных вокруг Ключевской группы, в 40-х и тем более в 50-х годах существенного повышения годовой суммы осадков или понижения средней летней температуры не отмечалось.

При извержении Ключевского вулкана, наряду с деятельностью вершинного кратера, на склонах образовались побочные кратеры с излиянием лавовых потоков. Ледники, расположенные в местах прорывов, периодически испытывали тепловое воздействие от побочных кратеров и от проходящих лавовых потоков. Сравнение аэрофотоснимков 1951 и 1967 гг. позволило выявить подвижки ледников Сопочного и Влодавца, вызванные извержениями указанного типа. В 1953 г. в результате прорыва произошло формирование кратера Белянкина у конца ледника Сопочного. Конец ледника, разделившись на две ветви, обошел образовавшийся конус и излившийся лавовый поток и продвинулся на расстояние до 1 км, увеличив площадь на 0,6 км². То же произошло и с ледником Влодавца: в 1966 г. при "прорыве Пийпа" он активизировался и продвинулся на расстояние около 900 м, увеличив пло-

щадь на $0,3 \text{ км}^2$ [1]. Для этих подвижек, по-видимому, были две причины: подогрев концов ледников спичу и повышенная сейсмичность в период извержения - так называемое "вулканическое дрожание".

Одной из причин подвижек ледников в районах активного вулканизма могут быть сильные землетрясения. В 1971 г. в результате землетрясения силой 7-8 баллов часть кратерного ледника Мутновского вулкана оторвалась по бергшрунду от стенки кратера и сползла на термальные площадки. Таяние льда из-за деятельности вулканических фумарол сопровождалось сильными фреатическими взрывами. В настоящее время ежегодно в зимнее время наблюдается напозание ледника на термальные площадки, а летом таяние и отступление льда на 20-30 м.

Извержения вулканов могут разрушать ледники. При извержениях побочных кратеров в толще ледника происходит сильное таяние и испарение [4, 5]. При взрывном типе подледного извержения вулканический пепел находится в талой воде во взвешенном состоянии, что значительно увеличивает скорость таяния льда. При резком возрастании температур давление водяного пара может превысить статическое давление ледника и приподнять его, что позволит перегретой воде течь под ним, увеличивая площадь таяния [13].

Осенью 1974 г. в области питания ледника Богдановича сформировался очередной побочный кратер Ключевского вулкана. Взаимодействие лавового потока и льда началось с первой минуты извержения. Прорвав ложе ледника, лава внедрилась в толщу и, проплавляя ее, поднялась на поверхность, где образовались шлаковые конусы и на короткое время - лавовое озеро, из которого вытекал лавовый поток шириной около 10 м. Ниже лавового потока талые воды образовали в теле ледника глубокий каньон с вертикальными или расширяющимися стенами, в котором со скоростью 10-15 м/сек проносился водный поток. В 4 км ниже фронта лавового потока, на абсолютной высоте 2100 м, была размыта правая часть ледника Богдановича и образована флювиогляциальная поверхность шириной до 300 м и длиной до 500 м [5]. Вследствие быстрого охлаждения лавы скорость таяния льда замедляется и в дальнейшем лавовый поток предохраняет его таяние.

После нескольких прорывов в фирновой области в результате отчленения области питания может произойти постепенное отмирание языка. Так, по данным Б.И.Пийпа [10], в результате образования нескольких побочных конусов в недавнем прошлом прекратил свое существование ледник у северо-западного склона вулкана Среднего в Ключевской группе вулканов.

Для всех ледников, расположенных на действующих вулканах, существует угроза механического уничтожения. По имеющимся данным можно выделить два механизма разрушения ледников: а/ при взрыве вулканической постройки, на которой располагается ледник или часть его; б/ при обрушении и проседании части вулканической постройки и ледника на ней.

Хорошо известно воздействие извержения вулкана Катмаи на Аляске в 1912 г. на окружающие ледники. Выше снеговой линии было разрушено 13 км^2 поверхности вулкана. Один из ледников был уничтожен полностью, а остальные погребены под слоем пирокластики [12]. В результате вулканических извержений 1967, 1969 и 1970 гг. значительные изменения претерпели ледники о.Десепшен на Южных Шетландских островах. Во время подледного извержения образовались обширные трещины глубиной 30-60 м, а на языке одного из ледников - кратер [11]. При катастрофическом взрыве вулкана Шивелуч на Камчатке в сентябре 1964 г. была уничтожена часть фирновой области ледника Тюшова [6]. В стенке образовавшегося кратера мощность льда составила 100 м. Объем взорванной части ледника превышал $2,25 \text{ млн. м}^3$, причем глыбы льда объемом 10-15 м^3 были обнаружены на расстоянии до 10 км от вулкана.

Поскольку в местах эксплозивных извержений находятся, как правило, области питания ледников, после окончания извержения ледник может восстановить свои размеры и даже вновь возникнуть после полного разрушения. Так, во время извержения вулкана Безымянного в 1956 г. фирновые поля и небольшой ледник, существовавшие на северо-запад-

ном склоне вулкана, были уничтожены, а в настоящее время опять возродились. В кальдере вулкана Катмаи также возник новый ледник, который за последние 50 лет достиг внушительных размеров.

Рис.2. Изменение площади Толбачинского ледника за 1936-1977 гг. 1 - гребень кальдеры вулкана Плоский Толбачик; 2 - сектор кальдеры, свободный от ледника; граница кратера: 3 - в 1936 г., площадь ледника $1,61 \text{ км}^2$; 4 - в 1950 г., $1,56 \text{ км}^2$; 5 - в 1966 г., $1,55 \text{ км}^2$; 6 - в 1974 г., $1,54 \text{ км}^2$; 7 - в 1975 г., $1,06 \text{ км}^2$; 8 - в 1976 г., $0,60 \text{ км}^2$; 9 - в 1977 г., $0,53 \text{ км}^2$

Иной характер имело уничтожение большей части Толбачинского ледника.

До извержения вулкана Плоский Толбачик в 1975 г. ледник площадью $1,54 \text{ км}^2$ занимал почти всю внутреннюю кальдеру. Сток льда и талых вод осуществлялся в активный кратер в юго-западной части кальдеры. На рис.2

показано изменение размеров Толбачинского ледника за последние 40 лет по данным аэрофотосъемок, полевых материалов и литературных источников [7]. С 1936 по 1975 гг. Толбачинский ледник сокращался в размерах незначительно. В основном это происходило

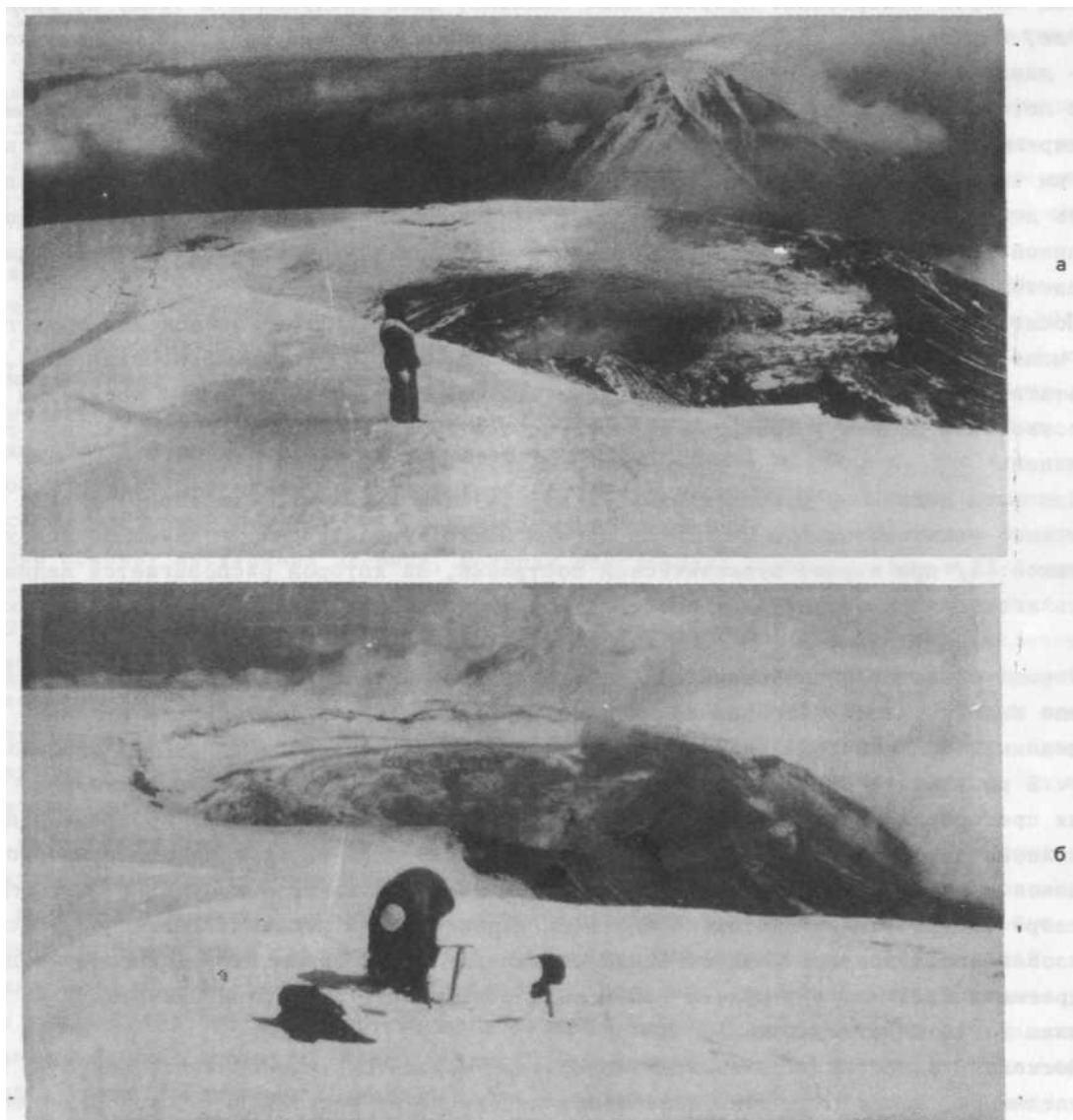
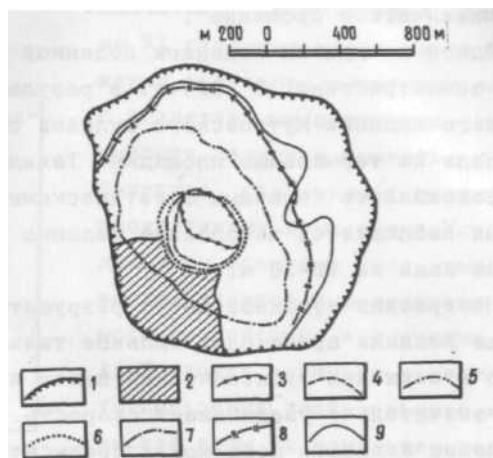


Рис.3. Вершина вулкана Плоский Толбачик и ледник Толбачинский. а/ август 1966 г., фото В.Н.Виноградова, б/ август 1978 г., фото А.А.Овсянникова

из-за активизации кратера Плоского Толбачика в отдельные годы. Во время Большого трехшинного Толбачинского извержения 1975-1976 гг. по мере формирования новых четырех вулканов и опорожнения магматического очага произошла просадка и обрушение внутренней кальдеры вулкана Плоский Толбачик. В результате обрушения и таяния льда на дне провала на короткое время образовалось озеро. Объем обвалившегося ледника в 1976 г. составил $0,06 \text{ км}^3$, а объем воды в озере $0,05 \text{ км}^3$ [7]. Согласно этим данным, средняя плотность льда Толбачинского ледника равна $0,83-0,84 \text{ г/см}^3$, что объясняется значительным содержанием вулканического материала в теле ледника. Максимальная видимая толщина Толбачинского ледника, достигала 122 м. В настоящее время площадь ледника равна $0,50 \text{ км}^2$, с 1974 г. она сократилась втрое. В 1977-1979 гг. темп обрушения ледника замедлился, и, возможно, он снова начнет расти (рис.3).

Сложное строение вершины вулкана указывает на то, что подобные катастрофы имели место и раньше. Существовавшие здесь ледники, претерпевая изменения, аналогичные современным, или даже полностью исчезая, вновь возрождались после прекращения активной вулканической деятельности.

Результатом взаимодействия вулканизма с ледниками и снежным покровом может быть образование и сход мощных грязе-пирокластических потоков - лахаров. Широко известен лахар, образовавшийся при извержении вулкана Безымянного в марте 1956 г. Пройдя 85 км по долине р.Хапица, он влился в р.Камчатку, нанеся значительный ущерб окружающей среде. Лахары иногда могут погребать языки ледников и уничтожать их области питания. В таких случаях происходит отмирание одних ледников, которые лишаются питания, и возникновение другие. Сели вулканогенного происхождения возникают почти при каждом достаточно крупном извержении вулканов Ключевской и Авачинской групп [5, 11], вулкана Мутновского, но благодаря малонаселенности горных районов Камчатки на хозяйственную деятельность заметного влияния не оказывают.

Общая тенденция ледников Камчатки, как и повсюду, обусловлена изменениями климата. Современный вулканизм вызывает большую по масштабу изменчивость ледников на действующих вулканах и часто затрудняет выявление причин колебаний ледников.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Андреев В.И., Виноградов В.Н., Кирсанов И.Т. Изменение положения ледников северного склона вулкана Ключевского. - В сб.: Гляциол.исслед., № 25. М., "Наука", 1976, с.45-50.
2. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтеева И.С, Луникина Е.Г. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М., "Наука", 1968, 227 с.
3. Виноградов В.Н. Современное оледенение районов активного вулканизма. М., "Наука", 1975, 103 с.
4. Виноградов В.Н. Подвижки ледников на Ключевской группе вулканов (Камчатка). В сб.: Материалы гляциол.исслед. Хроника, обсуждения, вып.24. М., 1974, с.137-140.
5. Виноградов В.Н., Иванов Б.В., Чирков А.М. Прорыв побочных кратеров в толще ледника Ключевского вулкана в 1974 г. - В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып.7. Петропавловск-Камчатский, 1977, с.31-37.
6. Горшков Г.С, Дубик Ю.М. Направленный взрыв на вулкане Шивелуч. - В сб.: Вулканы и извержения. М., "Наука", 1969, с.3-37.
7. Гусев Н.А., Двигалов В.Н., Добрынин В.Ф., Магуськин М.А., Селезнев Б.В., Скуридин Ю.Ф., Шкред В.И. Некоторые результаты экспериментальных исследований по применению фотограмметрического метода для изучения динамических процессов в вулканологии. - Вулканология и сейсмология, 1979, № 3, с.30-37.
8. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Пульсирующие ледники. - Природа, 1974, № 2, с.85-99.
9. Ермаков В.А., Трубицын С.М. Некоторые новые данные о строении конуса вулкана Ключевского. - В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып.3, Петропавловск-Камчатский, 1965, с.59-65.
10. Пийп В.И. Ключевская сопка и ее извержения в 1944-1955 гг. и в прошлом. М., Изд-во АН СССР, 1956, 308 с.
11. Hughes T. Ice crater closure studies on Deception Island. - US Antarctic Journ., v. 9, № 4, 1974, p.172-174.
12. Muller E.H., Coulter H.W. The Knife Creek Glaciers of Katmai National Monument, Alaska - Journ. of Glaciology, v.3, № 22, 1957, p.116-123.

13. Tryggvason E. Earthquakes, jokulhlaups and subglacial eruptions. - Jokull, v. 10, 1960, p.18-22.

SUMMARY

Variability of glaciers situated in volcanic regions of Kamchatka is considered. Glacier fluctuations, induced by climatic changes and volcanic activity are distinguished. Kozelsky Glacier advanced in 1971-1976. For five years it made a 330-meter advance and its area increased by 0.09 km². The advance was stimulated by favourable climatic conditions: big snowness of winters and cold summer ablation seasons. The Bil'chenok Glacier advanced in 1976-1977 after a 17-year quiescence period. The glacier terminus descended down to 1100 m a.s.l. and made a 500-m advance. The impact of present-day volcanism on glacier fluctuations was revealed: 1) glacier surges resulting from considerable water film at the glacier-bed boundary, accumulation of additional volumes of eruptive material on its surface and also due to the growth of seismic activity; 2) shrinkage of the area and volume of glaciers -because of ice melting and washout of their parts by melt waters under thermal influence of erupting volcano and, in particular, in case of subglacial eruptions and ice contacts with lava flows; 3) destruction of ice and glaciers by catastrophic explosive eruptions and also in case of partial subsidence and stopong of volcanoes. Some examples of the impacts of volcanic eruptions on glaciers are given.