

УДК 551.215.6:551.324.5

ПОДВИЖКА ЛЕДНИКА В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ АКТИВНОМ КРАТЕРЕ ВУЛКАНА МУТНОВСКИЙ (КАМЧАТКА) В 1996–1998 гг.: ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ЭТОГО ЯВЛЕНИЯ

© 2001 г. Г. М. Гавриленко, М. Е. Зеленский, Я. Д. Муравьев

Институт вулканологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Поступила в редакцию 10.07.99 г.

Осенью 1996 г. ледник Северо-Восточного кратера вулкана Мутновский (Камчатка) резко активизировался. Участок его фронта стал наползать на северную половину кратера, подпрудив дренирующую его р. Вулканную. К осени 1998 г. язык ледника продвинулся настолько, что уперся в противоположный северо-западный борт кратера вулкана, перекрыв большую часть его фумарольных и гидротермальных выходов. В результате в южной части Северо-Восточного кратера образовалось озеро площадью приблизительно 2500 м² и глубиной 2–3 м. В связи с происшедшими событиями в Северо-Восточном кратере вулкана резко изменились гидрогеологические условия: за счет повышения уровня грунтовых вод увеличилась водонасыщенность внутрикратерных донных отложений, изменился режим фумарольной деятельности, нарушилась тепловая разгрузка термальных площадок. Не исключается, что при этом резко возросла инфильтрация грунтовых вод в коренные породы постройки вулкана. На основе представленного в сообщении материала авторами делается предположение, что между изменениями гидрологических и, соответственно, гидрогеологических условий в активных кратерах Мутновского вулкана, с одной стороны, и усилением его активности, с другой – возможна взаимосвязь, опосредованная через динамику и массообмен ледников. Подобные изменения внешних условий могут быть одной из причин начала фреатических и фреатомагматических извержений вулкана на современном этапе его развития.

Общие сведения о вулкане Мутновский. Вулкан Мутновский – одно из самых больших вулканических сооружений Южной Камчатки, имеющее сложное строение и длительную историю развития. Максимальная абсолютная высота вулкана равна 2323 м. Его постройка состоит из четырех тесно сближенных, последовательно формировавшихся стратоконусов с вершинными кальдерами и дочерними внутрикальдерными сооружениями, а весь вулканический массив осложнен многочисленными конусами побочных извержений [10, 12].

Современная вулканическая активность вулкана Мутновский сосредоточена в северной части массива, где имеется система перекрывающихся друг с другом кратеров, глубоко врезающихся в тело вулканической постройки. Дно двух самых больших из них, Северо-Восточного (СВ) и Юго-Западного (ЮЗ), почти полностью перекрыто одноименными ледниками, площадь которых составляет 1.34 и 0.96 км² соответственно [9] (рис. 1).

За исторический период отмечено не менее 15 извержений вулкана. Судя по описаниям очевидцев, самое сильное из них произошло в 1848 г. Наибольший период покоя вулкана длился 44 года (1854–1898 гг.), а наименьший – несколько месяцев [10]. Последнее извержение вулкана было сравнительно слабым и произошло в ночь с 31.12.1960 г. на 01.01.1961 г. Оно носило взрывчатый характер и сопровождалось выносом резургентной пирро-

кластики [5, 7]. К настоящему времени период покоя вулкана длится уже почти 40 лет. В межэруптивные периоды для вулкана Мутновский характерен очень высокий уровень фумарольной и тепловой активности. В его кратерах и на северном склоне разгружаются высокотемпературные фумаролы, паровые струи и термальные источники, вынос тепловой энергии которыми значительно превышает тепловые мощности большинства вулканов Камчатки и многих вулканов мира, находящихся в стадии межпараксимальной деятельности [8, 11].

Интенсивная фумарольная деятельность сосредоточена, главным образом, в Северо-Восточном кратере (СВ) и в Активной Воронке (В), расположенной на северной кромке Юго-Западного (ЮЗ) кратера вулкана (рис. 1). В Северо-Восточном кратере постоянно действуют три группы парогазовых выходов – это Верхнее фумарольное поле (ВП) с температурой фумарол более 300°С и две относительно обособленные группы на Донном фумарольном поле (ДП): Южная и Северная с температурами выходов до 150°С. В Южной группе, помимо фумарольных и гидротермальных выходов, находятся кипящие котлы, среди которых до описываемых ниже событий 1996–1998 гг. особенно выделялся водно-грязевый “Черный Котел” (ЧК). В нем интенсивно бурлила высокоминерализованная (более 40 г/л) вода

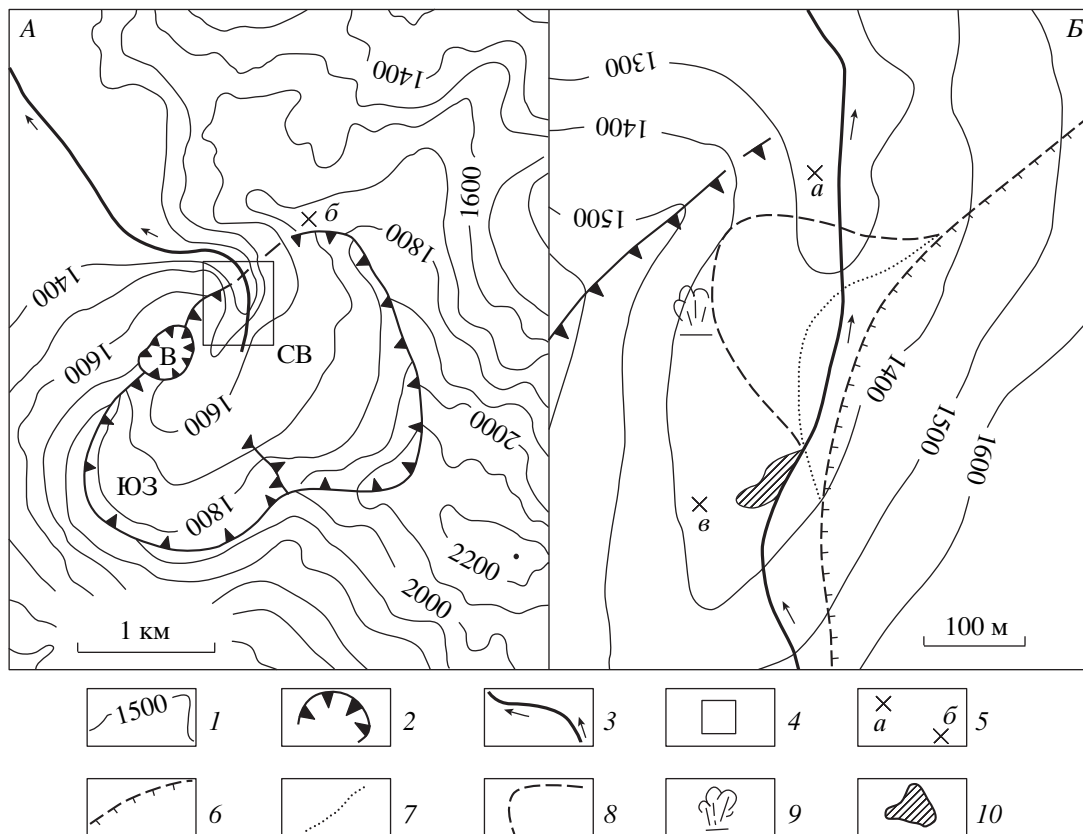


Рис. 1. Схематические карты: А – вершинной части вулкана Мутновский; Б – Донного Поля (ДП), расположенного в Северо-Восточном (СВ) кратере. 1 – горизонтали, м; 2 – кромки кратеров; 3 – р. Вулканная; 4 – местоположение Донного Поля (А); 5 – местоположение точек, с которых сделаны фотоснимки (рис. 2–4); 6–8 – западная граница ледника в СВ кратере: 6 – до осени 1996 г., 7 – с конца 1996 по 1997 г. включительно; 8 – 1998–1999 гг.; 9, 10 – местоположение на ДП fumarолы “Новая” (9) и “Черного (грязевого) Котла” (10), а ныне озера (рис. 3). В – Активная Воронка, СВ – Северо-Восточный кратер, ЮЗ – Юго-Западный кратер.

ультракислого состава (рН 0.20–0.25) с большим содержанием взвеси черного цвета, представленной, в основном, элементарной серой, пиритом и кремнеземом [14, 15].

Активная Воронка – молодой эксплозивный кратер, представляет собой замкнутую чашу глубиной приблизительно 150 м с крутыми стенками и плоским дном, имеющим в диаметре размеры 100–150 м. Наиболее мощная fumarольная деятельность приурочена к ее внутренней юго-западной стенке. Косвенные наблюдения (по цвету свечения раскаленных пород) за изменением температуры fumarол дали следующие результаты: в 1963 г. – 750°C, а в 1964 г. – 950°C [1, 5].

Объектом нашего внимания в данном сообщении является Северо-Восточный кратер вулкана Мутновский, где в последние годы произошли события, не наблюдавшиеся никем ранее.

В Северо-Восточном кратере, одном из активных на вулкане, до середины 1950-х годов было теплое озеро [6], которое в настоящее время уже не существует. Поэтому дно кратера (бывшее дно

озера) покрыто достаточно мощным чехлом кратерно-озерных отложений. Из кратера вытекает р. Вулканная, берущая начало в южной его части (рис. 2). Сток реки круглогодичный. Питание ее происходит как за счет талых вод кратерных ледников, так и гидротерм многочисленных термальных площадок и кипящих котлов, имеющих в Северо-Восточном кратере вулкана. Расход воды реки в зимне-весенний период года, когда среднесуточные температуры воздуха не превышают нулевую отметку, обычно не выше 0.07 м³/с, а летом–осенью достигает величин 1.5 м³/с и более.

Необходимо отметить, что, как и в Северо-Восточном, в Юго-Западном кратере вулкана Мутновский также до недавнего времени существовало кислое термальное озеро [6]. В настоящее время этот кратер заполнен льдом и снегом.

События второй половины 1990-х годов. Начиная с осени 1996 г. ледник Северо-Восточного кратера вулкана Мутновский резко активизировался. Участок его фронта стал напирать на северную половину Донного Поля, подпрудив р. Вулканную.



Рис. 2. Донное Поле Северо-Восточного кратера до схода ледника: вид с точки *a* (рис. 1Б); на среднем плане – северная и средняя части ДП, на заднем – парит “Черный Котел”. Фото А.В. Сокоренко.

К маю 1997 г. сползший язык ледника полностью перекрыл русло реки, создав условия для формирования подпруженного озера. Однако с началом активного снеготаяния речные воды промыли в

ледяной плотине тоннель и частично дренировали озеро, резко понизив его уровень. В результате осталось лишь небольшое озерко на месте затопленного “Черного Котла”: площадь водного зеркала этого озера составляла 2000–2500 м², а глубина – 2–3 м (рис. 3).



Рис. 3. Фрагмент южной боковой части ледника вместе с боковой мореной, частично подпрудившей р. Вулканную, затопившую “Черный Котел”: вид с точки *b* (рис. 1Б). Фото Г.М. Гавриленко.

В течение 1998 г. ледник продвинулся еще дальше на запад, практически уперевшись в северо-западный борт СВ кратера вулкана, перекрыв большую часть фумарольных и гидротермальных выходов северной части ДП. Мощность ледникового языка на фронте подвижки осенью 1998 г. составляла приблизительно 10 м, а над руслом р. Вулканной – 30–50 м. Площадь наступившей части ледника в этот период времени была оценена нами в 30000 м², а объем перемещенного льда приблизительно в 10⁶ м³ (рис. 4).

При посещении СВ кратера в конце мая 1999 г. М.Е. Зеленский обнаружил, что после зимы язык ледника по-прежнему перекрывает северную часть ДП. Помимо уже образованного годом ранее озера на месте “Черного Котла”, небольшое озерко образовалось и у фронта ледникового языка. Под водой оказалась одна из наиболее мощных фумарол северной части ДП – “Новая”. Уже месяцем позже авторами было установлено, что северная часть ледникового языка, “накрывавшая” северную группу фумарол и термопроявлений ДП, исчезла, тем самым практически полностью обнажив ее. На месте фумаролы “Новой” стал интенсивно бурлить грязевый котел, а озерко на фронте сползшего ледника, размером 20 × 20 м, сохранилось. Вода в нем была ярко-бирюзового цвета и имела температуру 60°С. На поверхности озера плавала, в виде тонкой пленки, сера. В юж-

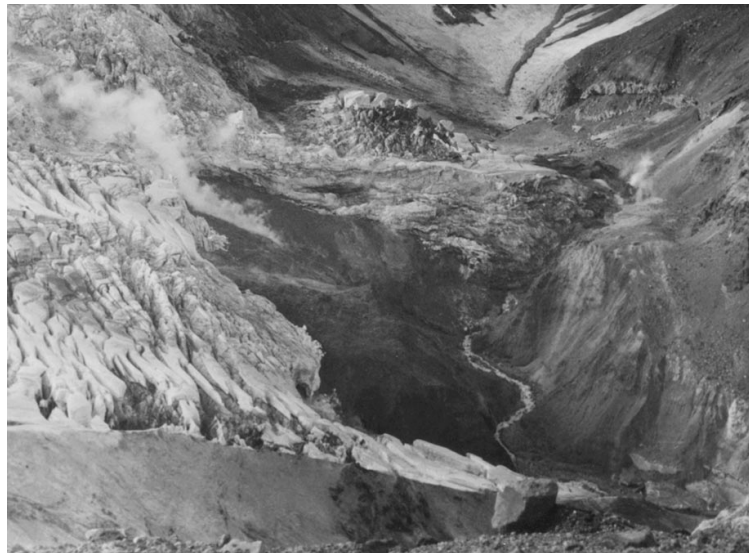


Рис. 4. Ледник, сползший на северную часть ДП (сентябрь 1998 г.): вид с точки б (рис. 1А); видна северная боковая часть сползшего ледника, из-под которого вытекает р. Вулканная. Фото Г.М. Гавриленко.

ной части ДП, в 20–30 м к югу от озера, образовавшегося на месте “Черного Котла”, возник грязевый котел диаметром около 5 м и с температурой воды 77°C.

Таким образом, к лету 1999 г. на Донном Поле СВ кратера вулкана Мутновский произошли заметные, весьма значительные изменения, связанные со сходом ледника в этот кратер в период 1996–1998 гг.

Очевидно, что в связи с происшедшими событиями в СВ кратере вулкана значительно изменилась гидрогеологическая обстановка. Это связано, во-первых, с повышением уровня грунтовых вод, вследствие подпруживания вод р. Вулканной сползшим на дно кратера ледником, а, во-вторых, с увеличением нагрузки (давления) на дно кратера больших масс льда. В результате, вероятно, увеличилась водонасыщенность кратерноозерных отложений и изменился режим фумарольной деятельности; соответственно, нарушилась тепловая разгрузка термальных площадок. Не исключается, что при этом резко возросла инфильтрация грунтовых вод в коренные породы постройки вулкана.

Вследствие всех этих факторов вполне могут быть созданы предпосылки для фреатических взрывов как в пределах термальных полей СВ кратера, так и вне их пределов (например, в Активной Воронке).

О причинах наступления ледника. Северо-Восточный ледник, рассматриваемый нами, самый крупный в Мутновском узле оледенения. По своему морфологическому типу он относится к кратерным ледникам. Площадь его по состоянию на 1979 г. составляла 1.34 км², наибольшая длина по продольному профилю – 1700 м [3]. В периоды с положитель-

ным балансом массы Северо-Восточного ледника отмечались небольшие наступления его фронта на Верхнее фумарольное поле. Так, по измерениям А.Л. Самойленко, в начале 1970-х годов они достигали величины 20–25 м с последующим отступанием летом (устное сообщение). В целом, после извержения 1945 г., площадь кратерных ледников к началу 1980-х годов увеличилась на 0.4 км² [3] при сохранении их обычной конфигурации. В 1985–1995 гг. (один из наиболее теплых периодов в нашем столетии на Камчатке) ледник находился в квазистационарном состоянии со слабо выраженной тенденцией к деградации. Последняя отразилась в понижении ледниковой поверхности, особенно заметной около немногочисленных нунатаков.

Наступление ледников вообще и горных ледников вулканических районов, в частности, связано как с климатическими причинами (в периоды с положительным балансом массы льда), так и с внутренней динамикой ледниковых масс, не связанной с климатом. Это так называемые пульсирующие ледники, у которых периодически происходит быстрое перераспределение масс льда с продвижением конечной их части. В условиях Камчатки подвижки ледников могут быть также следствием вулканической и сейсмической активности. В случае с Северо-Восточным ледником “спусковым механизмом” для его наступления явились, очевидно, климатические причины, а именно – метеорологические условия 1996 и 1997 гг. И действительно, эти два года отличались аномально высоким выпадением атмосферных осадков, какие бывают один раз в 50–70 лет. При многолетней норме годовых сумм осадков в рассматриваемом районе около 2000 мм, за 1996 г. их выпало почти 4000 мм, т.е. вдвое больше. При этом основная часть атмо-

сферной влаги, в виде ливневых дождей, выпала в течение последних четырех месяцев этого года, из которых 70% (около 1500 мм) пришлось на сентябрь–октябрь 1996 г. То есть за эти два месяца в окрестностях влк. Мутновский выпала практически среднегодовая норма атмосферных осадков. Такое количество жидких осадков, поступившее в конце сезона абляции (период максимальной трещиноватости ледника) и не успевшее скатиться с поверхностным стоком в р. Вулканную, привело к резкому насыщению ледниковой толщи водой. Эти процессы повлияли на реологические свойства льда, через скорость его движения, и послужили основной причиной начала наступления кратерного ледника на фумарольные поля СВ кратера вулкана. Кроме того, по-видимому, инфильтрация части воды к ложу ледника также увеличила скорость его скольжения по подстилающим породам.

Возможность такого сценария подтверждается обрушением в это же время значительной части ледника Тушинского, залегающего на крутом северо-восточном внешнем склоне вулкана Мутновский [2]. Лавина, состоящая из блоков льда, измененных пород и грязи, насыщенных водой, соскользнула по склону крутизной 15° в долину р. Фальшивой и заполнила ее на протяжении 3 км. Общий объем вынесенного материала при этом превысил 0.01 км³.

Мутновский Северо-Восточный ледник, в отличие от ледника Тушинского, более пологий. Поэтому его подвижка не носила столь катастрофического характера. А последующие мощные циклоны лишь способствовали продолжению движения ледника вследствие продолжающейся аккумуляции снега на ледниковой поверхности.

Заключение. Первые сведения о внутреннем морфологическом строении кратеров Мутновского вулкана были получены во время экспедиции Русского Географического общества в 1908–1910 гг. [4]. Было отмечено наличие теплых кислых озер в СВ и ЮЗ кратерах вулкана. По данным Т.Ю. Марениной, в начале 1950-х годов озера также покрывали их дно [6]. Только между 1954 и 1958 гг., по материалам известного камчатского краеведа В.И. Семенова, произошел спуск озера из СВ кратера в результате прорыва его плотины, которая могла образоваться как из-за оползания измененных пород со склонов кратера, так и вследствие подпруживания дренирующей его речки моренными отложениями кратерного ледника после его подвижек [13]. В дальнейшем в СВ кратере происходили лишь незначительные морфологические изменения. Они выражались, главным образом, в постепенной проработке рекой русла в восточной части этого кратера и миграции участков прогрева, а также небольших локальных проявлений фумарольной и гидротермальной деятельности в пределах площади Донного и Верхнего фумарольных

полей, что, по-видимому, было связано не только с эндогенными, но и с экзогенными процессами. Судьба озера в ЮЗ кратере, очевидно, в значительной мере связана с извержением в соседствующей с ним Активной Воронке 1.01.1961 г. По крайней мере, именно после этого извержения в течение 2–3 лет произошло охлаждение воды в озере, а затем образование в кратере ледника. Не вызывает сомнений, что это произошло в результате ослабления термальной активности на дне ЮЗ кратера после извержения. Поэтому вполне можно предполагать, что озеро в кратере являлось неким триггером извержения, происшедшего в результате усиления инфильтрации воды из него в Активную Воронку. Морфологические особенности строения кратеров вулкана Мутновский, наступление СВ ледника на его термальные поля в 1996–1998 гг., подпруживание р. Вулканной ледяной плотиной – все это указывает на вероятный механизм образования или восстановления кратерных озер. Таким образом, между изменениями гидрогеологической обстановки в активных кратерах Мутновского вулкана и его извержениями возможна взаимосвязь, опосредованная через динамику и массообмен ледников. Подобные изменения внешних условий могут быть одной из причин начала фреатических и фреатомагматических извержений вулкана Мутновский на современном этапе его развития¹.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 99-05-64576.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакин Е.А., Кирсанов И.Т., Пронин А.А. Активная воронка Мутновского вулкана // Бюл. вулканол. станций. 1966. № 40. С. 25–36.
2. Виноградов В.Н., Муравьев Я.Д. Современное оледенение Южной Камчатки // Вопросы географии Камчатки. Вып. 8. Петропавловск-Камчатский, 1982. С. 27–33.
3. Виноградов В.Н., Муравьев Я.Д. Режим ледников вулканических районов Камчатки // Гляциологические исследования. 1985. № 27. С. 36–50.
4. Келль Н.Г. Карта вулканов Камчатки // Известия ВГО. 1928.
5. Кирсанов И.Т. Вулканы Южной и Средней Камчатки в 1963 г. // Бюл. вулканол. станций. 1964. № 37. С. 3–15.
6. Маренина Т.Ю. Геолого-петрографический очерк Мутновского вулкана // Тр. Лаб. вулканологии. 1956. Вып. 12. С. 3–52.
7. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В. Динамика активности вулканов Мутновский и Горелый в голоцене и вулканическая опасность для прилегающих районов (по данным тейфрохроноло-

¹ Когда данная статья была подготовлена к печати и сдана в публикацию, на вулкане Мутновский 17.03.2000 г. произошло фреатическое извержение.

- гических исследований) // Вулканология и сейсмология. 1987. № 3. С. 3–18.
8. *Муравьев А.В., Поляк Б.Г., Турков В.П., Козловцева С.В.* Повторная оценка тепловой мощности фумарольной деятельности на вулкане Мутновский (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1983. № 5. С. 51–63.
 9. *Муравьев Я.Д.* Черты режима кратерных ледников Мутновского вулкана // Вулканологические исследования на Камчатке. Вып. 1. Петропавловск-Камчатский, 1985. С. 74–78.
 10. *Овсянников А.А., Зубин М.И.* Вулкан Мутновский // Действующие вулканы Камчатки. Т. 2. М.: Наука, 1991. С. 318–337.
 11. *Поляк Б.Г.* Геотермические особенности области современного вулканизма (на примере Камчатки). М.: Наука, 1966. 180 с.
 12. *Селянгин О.Б.* Новое о вулкане Мутновский: строение, развитие, прогноз // Вулканология и сейсмология. 1993. № 1. С. 17–35.
 13. *Семенов В.И.* В краю заоблачных вершин. Петропавловск-Камчатский, 1970. 144 с.
 14. *Серафимова Е.К.* Особенности химического состава фумарольных газов Мутновского вулкана // Бюл. вулканол. станций. 1966. № 42. С. 56–65.
 15. *Таран Ю.А., Вакин Е.А., Пилипенко В.П., Рожков А.М.* Геохимические исследования в кратере вулкана Мутновский // Вулканология и сейсмология. 1991. № 5. С. 37–55.

Glacier Movement at Northeast Active Crater of Mutnovskii Volcano, Kamchatka in 1996–1998: Causes and Consequences

G. M. Gavrilenko, M. E. Zelenskii, Ya. D. Muraviev

Institute of Volcanology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, Russia

The glacier on Northeast Crater of Volcano Mutnovskii, Kamchatka showed a dramatic increase of activity during the fall of 1996. Part of the glacier front began flowing into the northern half of the crater, thus damming the Vilkannaya River which drained the crater. In the fall of 1998 the glacier tongue had moved so far as to abut the opposite northwestern wall of the crater, thus overlying most of its fumarole and hydrothermal exposures. The result was that a lake of area approximately 2500 sq. m depth 2–3 m came into being in the southern part of Northeast Crater. In connection with these events the hydrogeological conditions have changed drastically in Northeast Crater: higher ground water increased the water content in intracrater bottom deposits, affected fumarole activity, and disturbed the heat outflow from thermal areas. It is possible that ground water infiltration into the bedrock of the volcanic edifice sharply increased. The data reported in this paper suggest a relationship between changes in hydrological, hence, hydrogeological environment in the active craters of Mutnovskii Volcano on the one hand and increased volcanic activity on the other via glacier dynamics and mass exchange. Such changes in external conditions may be one cause to start phreatic and phreatomagmatic eruptions of the volcano during the contemporary phase of its evolution.