

О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИЧИНЫ СХОДА ЛЕДНИКА КОЛКА

А.Г. Зарини*, Е.С. Каменецкий**

Аннотация. Рассматривается влияние фумарольных сернистых газов на причины схода ледника Колка. Показано, что влияние таяния льда при растворении сернистых соединений в воде может оказаться достаточно существенным.

Ключевые слова: сход ледника Колка, растворение сернистых соединений, таяние льда.

Катастрофический сход ледника Колка в сентябре 2002 г. вызвал интерес в научной среде в связи с уникальностью явления и недостаточной ясностью причин, вызвавших сход ледовой массы. В исследованиях катастрофы приняли участие ученые как Российской Федерации, так и зарубежных стран.

Существует несколько гипотез, описывающих механизм схода ледника. Сразу же возникла версия, что причиной катастрофы явился гигантский обвал льда и горной породы, который ударил в ледник и заставил его сорваться. Предполагалось также, что обвал мог быть вызван землетрясением. Скорее всего землетрясение 14 июля спровоцировало начало необычных обвалов в тылу ледника Колка [1]. В то же время сход ледника Колка совершенно неприемлемо рассматривать как непосредственное следствие сильных землетрясений [2].

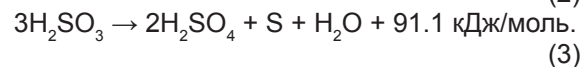
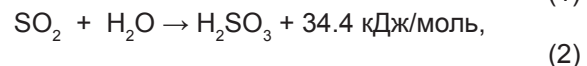
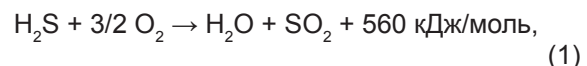
Гипотеза, выдвинутая Л.В. Десиновым, объясняет причину схода закипанием нижележащих масс жидкости в результате внезапно возникшего падения давления, сопровождавшегося массовым выбросом газов, растворенных в водной толще [3].

Другим объяснением катастрофического схода является газодинамический выброс ледника под действием газов вулканического происхождения, скопившихся под его толщей [4].

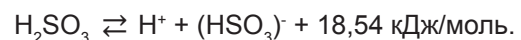
Еще одна гипотеза связывает случившееся с накоплением под ледником особенно больших масс воды, которое было в значительной мере обусловлено климатическим фактором. Увеличению таяния и накопления воды под ледником способствовала также активизация вулканической деятельности Казбека [1]. В пользу значительной роли растворенных газов вулканического происхождения в динамике подвижки ледника говорит наличие остаточных газовых фумарол в тыльной части ложа ледника, наблюдавшихся в течение первых суток после схода, наличие значительных (в сотни раз превосходящих фоновые) концентраций сульфат ионов в водах реки

Колка и озере, образовавшемся на месте ледника [1].

Рассмотрим возможную роль газов вулканического происхождения в динамике подледной водяной прослойки. При окислении сероводорода, содержащегося в фумарольном газе, образуется сернистый ангидрид [5, 6]. При растворении сернистого ангидрида в воде образуются соединения гидрата двуокиси серы, который с течением времени окисляется до серной кислоты, согласно реакциям:



Реакция (2) особенно бурно происходит в сильноразбавленных растворах. При этом возможна диссоциация



Общая масса ледника может быть оценена примерно в 100–120 млн тонн. При этом водяная прослойка под ледником, необходимая для страгивания ледника, оценивалась примерно в 2 % от массы ледника, или 2 млн тонн [7]. Теплота, необходимая для расплавления такой массы, может быть вычислена исходя из удельной теплоты плавления льда (340 кДж/кг). Она составляет:

$$Q = 340 \times 2 \times 10^6 = 6,8 \times 10^8 \text{ кДж}.$$

Необходимая теплота при растворении сернистых соединений (реакции 1–3) может выделиться при реакции с участием $N = 6,8 \times 10^8 / 685,5 = 991\,976,7$ молей сернистого ангидрида, что соответствует объему 217 14,4 н. м³ (нормальных кубических метров). Концентрация сульфат-иона в

* Зарини Ален Георгиевич – м. н. с. Южного математического института ВЦ РАН.

** Каменецкий Евгений Самойлович – д. ф.-м. н., Южный математический институт ВЦ РАН (esk@smath.ru).

воде подпрудного озера, образовавшегося после схода ледника, достигала 950 мг/л [8].

Оценить дебит подледных источников перед сходом ледника трудно, но он был по крайней мере не ниже дебита Верхне-Кармадонских термальных источников спустя 17 суток после схода ледника, который составлял 0,3 л/с [8].

При этом расход сульфат ионов был равен по крайней мере 285 мг/с, что соответствует 291,6 мг/с серной кислоты. Образование такого количества ионов согласно уравнениям (2) и (3) соответствует поступлению сернистого ангидрида в количестве $M = 2 \times 0,00029 \times 64 / (3 \times 98) = 0,000126$ кг/с, где 64 кг/кМоль и 98 кг/кМоль – молярные массы сернистого ангидрида и серной кислоты соответственно. Данная масса газа

соответствует объему поступающего сернистого ангидрида:

$$V = 0,000126 \times 21,89 \times 10^3 / 64 \times 10^3 = 0,000043 \text{ н.м}^3/\text{с},$$

или 3,73 н. м³/сутки.

При такой скорости выделения газа за лето и начало осени 2002 года в результате химических реакций, связанных с растворением фумарольных газов в подледной воде, могло образоваться около двух процентов объема водяной подушки, необходимой для страгивания ледника. Поскольку проведенная оценка является нижней, реальное влияние рассмотренного механизма на катастрофический сход ледника может быть достаточно существенным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котляков В.М., Асоян Д.С., Кононова Н.К., Осокин Н.И., Рототаева О.В. Особенности катастрофических природных процессов на Северном Кавказе на рубеже XX – XXI вв. // *Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы*. В 8 т. / Пред. ред. кол. Н.П. Лавёров, Т. 3. Опасные природные явления на поверхности суши: механизм и катастрофические следствия / Отв. ред. В.М. Котляков – М.: ИГ РАН, ИФЗ РАН, 2008, С. 190–209.
2. Заалишвили В.Б., Невская Н.И. Взаимосвязь различных факторов, в том числе сейсмических событий, со сходом ледника Колка 20 сентября 2002 года // *Вестник Владикавк. научн. центра*, Т. 4, вып. 3, 2004, С. 51–57.
3. Десинов Л.В. Пульсация ледника Колка в 2002 году. *Вестн. Владикав. научн. центра*. 2004. Т. 4, № 3. С. 72–87.
4. Бергер М.Г. О природе катастрофы на леднике Колка в Геналдонском ущелье 20 сентября 2002 года // *Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа*. Труды Международной научно-практической конференции. Владикавказ, 2007 г. – Владикавказ: ЦГИ ВНЦ РАН и РСО-А. С. 93–100.
5. Ахметов Н.С. *Общая и неорганическая химия*. – М.: Высшая школа. 2009. 743 с.
6. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. *Технология серной кислоты*. – М.: Химия, 1985. 384 с.
7. Поповнин В.В., Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Черноморец С.С. Гляциальная катастрофа 2002 года в Северной Осетии // *Криосфера Земли*, 2003, Т. VII, № 1.
8. Муравьев Я.Д. Подледное геотермальное извержение – возможная причина катастрофического «выброса» ледника в Казбекском вулканическом массиве (Кавказ) // *Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле*. 2004, № 4, С. 6–20.

THE POSSIBLE GEOCHEMICAL PROCESSES INFLUENCE AT THE GLACIER KOLKA DESCENT

A. Zarini*, E. Kamenetsky**

* Junior Researcher, South mathematical institute of VSC of the RAS

** Dr., Associate Professor, South mathematical institute of VSC of the RAS (esk@smath.ru)

Abstract. The impact of fumarole sulphur gases on glacier Kolka descent is considered. It is shown that ice melting while sulphur compounds dissolving in water may be significant enough.

Keywords: Glacier Kolka descent, sulphur compounds dissolving, ice melting.

REFERENCES

1. Kotlyakov V.M., Asoyan D.S., Kononova N.K., Osokin N.I., Rototaeva O.V. Osobennosti katastroficheskikh prirodnykh protsessov na Severnom Kavkaze na rubezhe KhKh – XXI vv. // *Izmenenie okruzhayushchey sredy i klimata: prirodnye i svyazannye s nimi tekhnogennye katastrofy*. V 8 t. / Pred. red. kol. N.P. Laverov, T. 3. Opasnye prirodnye yavleniya na poverkhnosti sushy: mekhanizm i katastroficheskie sledstviya / Отв. ред. В.М. Котляков – М.: ИГ РАН, ИФЗ РАН, 2008, С. 190–209.
2. Zaalishvili V.B., Nevskaya N.I. Vzaimosvyaz' razlichnykh faktorov, v tom chisle seysmicheskikh sobytiy, so skhodom lednika Kolka 20 sentyabrya 2002 goda // *Vestnik Vladikavk. nauchn. tsentra*, Т. 4, вып. 3, 2004, С. 51–57.
3. Desinov L.V. Pul'satsiya lednika Kolka v 2002 godu. *Vestn. Vladikav. nauch. tsentra*. 2004. Т. 4, № 3. С. 72–87.
4. Berger M.G. O prirode katastrofy na lednike Kolka v Genaldonskom ushchel'ye 20 sentyabrya 2002 goda // *Opasnye prirodnye i tekhnogennye geologicheskie protsessy na gornyykh i predgornyykh territoriyakh Severnogo Kavkaza*. Tруды Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vladikavkaz, 2007 g. – Vladikavkaz: TsGI VNTs RAN i RSO-A. С. 93–100.
5. Akhmetov N.S. *Obshchaya i neorganicheskaya khimiya*. – М.: Vysshaya shkola. 2009. 743 s.
6. Vasil'yev B.T., Otvagina M.I. *Tekhnologiya sernoy kisloty*. – М.: Khimiya, 1985. 384 s.
7. Popovnin V.V., Petrakov D.A., Tutubalina O.V., Chernomorets S.S. Glyatsial'naya katastrofa 2002 goda v Severnoy Osetii // *Kriosfera Zemli*, 2003, Т. VII, № 1.
8. Murav'yev Ya.D. Podlednoe geotermal'noe izverzhenie – vozmozhnaya prichina katastroficheskogo «vybrosa» lednika v Kazbekskom vulkanicheskom massive (Kavkaz) // *Vestnik KRAUNTs. Seriya Nauki o Zemle*. 2004, № 4, С. 6–20.