

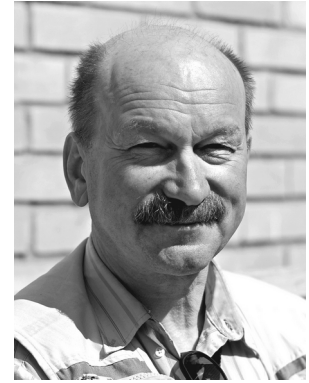
УДК 523.51:525.7



П.А. Далин



Н.Н. Перцев



В.А. Ромейко

Далин П.А.*,
Перцев Н.Н.**,
Ромейко В.А.***

Открытие серебристых облаков: факты и домыслы

*Далин Петр Александрович, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института космических исследований РАН, научный сотрудник Шведского института космической физики (г. Кируна, Швеция)

E-mail: pdalin@irf.se

**Перцев Николай Николаевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории физики верхней атмосферы Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН

E-mail: n.pertsev@bk.ru

***Ромейко Виталий Александрович, астроном, педагог, заведующий Звенигородской астрономической обсерваторией отдела астрономии и космонавтики Московского городского Дворца творчества на Воробьевых горах

В настоящей работе рассматриваются исторические аспекты первых наблюдений серебристых облаков (СО). Впервые в исследованиях СО авторы обращают внимание на семь мощнейших вулканических извержений, предшествовавших катастрофическому извержению Кракатау в 1883 г., которые произвели значительное воздействие на атмосферу, создавая условия для появления СО. Первые измерения высоты СО были выполнены двумя русскими астрономами В.К. Цераским и А.А. Белопольским 26 июня 1885 г. Им удалось определить высоту ночных облаков в интервале 73–83 км. Факт этот остался неизвестным в англоязычной литературе.

Ключевые слова: серебристые облака, вулканические извержения, извержения Кракатау, Августин, Тамбора, атмосфера, стратосфера, мезосфера.

Введение

Серебристые облака (СО), или ночные светящиеся облака, – самые высокие облака в атмосфере Земли, образующиеся в области мезопаузы на высотах 80–85 км. Эти серебристо-голубоватого цвета облака представляют собой изумительное ночное оптическое явление, которое можно наблюдать в течение летних месяцев в средних и высоких широтах. По видимой структуре СО похожи на перистые облака, но первые представляют более интенсивные и сложные формы, с признаками турбулентных вихрей и волновых движений различных масштабов. Ночные светящиеся облака состоят из ледяных кристалликов воды, размером 30–100 нм, которые рассеивают достаточное количество солнечного света, и становятся хорошо заметны как серебристые облака на фоне сумеречного сегмента неба с мая по сентябрь в Северном полушарии¹. Для образования СО необходимы три условия: экстремально низкая температура, достаточное количество водяного пара, а также крошечные частички – зародыши для кристалликов льда – так называемые ядра конденсации, роль которых выполняют частицы метеорной пыли или аэрозоль земного происхождения, или гидратированные кластеры ионов. При типичном для лета на высотах образования СО относительном содержании молекул воды (примерно 4 молекулы H₂O на 1 миллион молекул воздуха), пересыщенный водяной пар, необходимый для роста кристаллов льда, может существовать лишь при температурах ниже -120°C. В отсутствие ядер конденсации кристаллы льда могут образоваться непосредственно из водяного пара только при сильном пересыщении, что требует еще меньших температур или/ и большей относительной концентрации молекул воды. Температуры в летней мезопаузе ниже -120°C подтверждаются спутниковыми наблюдениями и экспериментами на геофизических ракетах.

Серебристые облака были впервые обнаружены в июне 1885 г. сразу в нескольких странах Европы, в том числе и в России. В недавних публикациях² был записан более ранний год, 1884, как год открытия серебристых облаков. В настоящей работе мы хотим сделать замечания, которые, на наш взгляд, являются важными при просмотре даты хорошо установленного исторического события. Вероятно, наиболее правильный в этой ситуации

¹ Gadsden M., Schröder W. Noctilucent Clouds. Springer. New York. 1989.

² Taylor M.J., Gadsden M., Lowe R.P., Zalcik M.S., Brausch J. Mesospheric cloud observations at unusually low latitudes // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2002. V. 64. P. 991–999; Hartquist T., Havnes O., Kassa M. Exploring polar mesospheric summer echoes // Astronomy & Geophysics. 2009. V. 50. P. 1.8–1.14; Pautet P.-D., Stegman J., Wrasse C.M., Nielsen K., Takahashi H., Taylor M.J., Hoppel K.W., Eckermann S.D. Analysis of gravity waves structures visible in noctilucent cloud images // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2011. V. 73. N 14–15. P. 2082–2090.

путь – это цитирование пионеров наблюдений СО, а также тех авторов, которые внесли значительный вклад в историю исследования данного атмосферного явления.

Кроме того, в данной работе рассматриваются не публиковавшиеся ранее материалы об исследованиях СО, о мощнейших вулканических извержениях, предшествовавших катастрофическому извержению вулкана Кракатау в 1883 г., которые могли повлиять не только на нижние слои атмосферы, но и на среднюю атмосферу, и, таким образом, могли послужить триггером для формирования СО еще до открытия последних в 1885 г.

Мы ограничили наши исследования о вулканической активности за период с 1783 до 1883 гг., то есть временной интервал, который, с одной стороны, предшествовал извержению Кракатау, и с другой стороны, был не слишком далеким от этого события, в надежде, что другие исследователи смогут найти интересные заметки о атмосферных явлениях, похожих на светящиеся ночные облака, в астрономических архивах. Ценную информацию о вулканах во всем мире, о прошлых и настоящих вулканических извержениях, можно получить на сайте Глобальной Вулканической Программы в Смитсоновском институте в Вашингтоне (<http://www.volcano.si.edu/info>), а также на сайте Института Вулканологии и Сейсмологии Дальневосточного отделения РАН (<http://www.kscnet.ru/ivs/index.html>).

Было ли извержение Кракатау единственным спусковым механизмом для образования серебристых облаков?

Считается, что наиболее вероятным спусковым механизмом для образования СО стало колоссальное извержение вулкана Кракатау в августе 1883 г., расположенного между островами Суматра и Ява в индонезийском архипелаге. Эта катастрофа вызвала ужасные последствия для жителей Индонезии: около 36000 человек погибли в результате гигантского цунами, две трети острова Кракатау было разрушено и погрузилось в океан. Извержение привело к аномально светлым и цветным сумеркам, а также к оптическим возмущениям в Северном полушарии¹.

Хотя извержение Кракатау в 1883 г. стало, вероятно, самым известным из всех взрывных вулканических извержений, основные характеристики этой катастрофы, такие как высота пеплового столба, общая масса выброшенного вещества, массовая скорость извержения, все еще плохо известны². Согласно современным исследованиям, основанным на эруптивной динамике, наиболее вероятная высота столба пепла составляла около 40–50 км (а не 80 км как можно найти в популярной литературе), а объем выброшенного материала вблизи вулкана и отдаленного выпадения пепла³ были равны соответственно около 12 км³ и 8,5 км³. Г. Томас и др.⁴ оценили, что полная масса водяного пара, инжектированного в стратосферу и мезосферу, составила примерно 100–200 мегатонн, что, совместно с огромным количеством конденсационных ядер, привело к внезапному появлению ярких серебристых облаков летом 1885 г. Авторы этой работы подчеркивали, что «...до 1885 года в мезопаузе не было достаточного количества водяного пара, чтобы образовать видимые глазу серебристые облака...».

Извержение Кракатау не было единственным крупным извержением в 1883 г.; в литературе, описывающей открытие СО и извержение Кракатау, нет ни одного упоминания о втором крупном вулканическом извержении этого же года. Однако, вулканологическое сообщество хорошо осведомлено о крупном извержении вулкана Августин, которое произошло 6 октября 1883 г. на южной Аляске⁵. Это извержение имеет значение 4 по шкале индекса вулканической активности (таблица 1). Важно, что вулкан Августин расположен на северной широте 59,4° и, следовательно, выброшенный водяной пар и аэрозольные частицы могут непосредственно диффундировать в полярную среднюю атмосферу, минуя долгий меридиональный перенос из экваториальных регионов в полярные. Таким образом, извержение вулкана Августин в 1883 г. могло внести значительную долю в общую концентрацию паров воды и аэрозолей, достигших полярной мезосферы Северного полушария, наряду с грандиозным извержением вулкана Кракатау того же года.

Из-за небольшого числа статистических данных, проанализированных до сих пор, влияние извержений вулканов на частоту появления СО изучено плохо. Так, после извержений Кракатау в 1883, Безымянный в 1956, Агунг в 1963 г. наблюдалась повышенная частота появлений СО, тогда как другие вулканические катастрофы (Окатайна в 1886, Маунт-Пели и Санта-Мария в 1902, Тарумай в 1909, Таал в 1911, Катмай в 1912 гг.) не увеличили активности СО. Подводя итог, Б. Фогл и Б. Хаурвиз⁶ заключили: «Мы хорошо осведомлены, что наши взгляды о роли извержений вулканов плинианского типа в усилении активности серебристых облаков основаны в настоящее время на слабых и отчасти даже противоречивых фактах, а с учетом атмосферной циркуляции, в основном на догадках». В то же время катастрофическое извержение Кракатау не было самым мощным в истории человечества, что является хорошо известным фактом.

Наиболее распространенным вулканическим газом, выбрасываемым в атмосферу, является водяной пар, за которым следует двуокись углерода (СО₂) и двуокись серы (SO₂). Для различных типов вулканов объемная концентрация инжектированных паров воды составляет от 37% до 97%⁷. Водяной пар и пепел медленно поднимаются (за счет турбулентной диффузии, а также крупномасштабных вертикальных и меридиональных движений⁸) в приполярные и полярные регионы мезосферы, таким образом, вероятно, благоприятствуя формиро-

¹ Verbeek R.D.M. The Krakatau eruption // Nature. 1884. V. 30. P. 10–15; Gadsden M., Schroder W. Op. cit.

² Sigurdsson H., Carey S., Mandeville C., Bronto S. Krakatau volcano expedition 1990. Report to the National Geographic Society. 1990.

³ Self S., Rampino M. The 1883 eruption of Krakatau // Nature. 1981. V. 294. P. 699–704; Rampino M., Self S. Historic eruptions of Tambora (1815), Krakatau (1883) and Agung (1963), their stratospheric aerosols and climatic impact // Quaternary Research. 1982. V. 18. P. 127–143.

⁴ Thomas G.E., Olivero J.J., Jensen E.J., Schroeder W., Toon O.B. Relation between increasing methane and the presence of ice clouds at the mesopause // Nature. 1989. V. 338. P. 490–492.

⁵ Newhall C.G., Self S. The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism // Journal of Geophysical Research, 1982. V. 87. № C2. P. 1231–1238.

⁶ Fogle B., Haurwitz B. Long term variations in noctilucent cloud activity and their possible cause // Climatological Research. 1973; Ed. Fraedrich K., Hantel M., Claussen Korf H., Ruprecht E. Bonner Meteorologische Abhandlungen. Bonn. Germany. P. 263–276.

⁷ Symonds R.B., Rose W.I., Bluth G., Gerlach T.M. Volcanic gas studies: methods, results, and applications. In: Volatiles in Magmas: Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy. Ed. Carroll M.R. and Holloway J.R. 1994. V. 30. P. 1–66.

⁸ Becker E., and Schmitz G. Climatological effects of orography and land-sea heating contrasts on the gravity wave driven circulation of the mesosphere // Journal of the Atmospheric Sciences. 2003. V. 60. P. 103–118.

ванию серебристых облаков.

В настоящее время извержения вулканов классифицируются по индексу вулканической активности или по международной терминологии Volcanic Explosivity Index (VEI), который описывает мощность вулканического взрывного извержения. VEI аналогичен шкале Рихтера для землетрясений. Шкала VEI изменяется от 0 до 8, пропорционально логарифму мощности, так что увеличение на 1 единицу соответствует увеличению мощности извержения в 10 раз. VEI характеризуется следующими параметрами извержения: общим объемом продуктов взрыва, высотой пеплового столба, типом извержения, продолжительностью фазы непрерывного взрыва, степенью инжекции в тропосферу и стратосферу и некоторыми другими описательными характеристиками. К. Ньюхолл и С. Сэлф¹ являются авторами шкалы VEI, и ее обновленная версия, а также справочные данные обо всех прошлых вулканических извержениях представлены в книге «Вулканы мира»².

Извержение Кракатау 1883 г. характеризуется 6-ю единицами по шкале VEI. В данной работе мы выбрали мощнейшие вулканические извержения с VEI равным или больше 4+, то есть в соответствии данными³, имеющие значительное проникновение в стратосферу и хорошо выраженные атмосферные возмущения, по крайней мере, в региональном масштабе, а некоторые из обсуждаемых ниже извержений имели значительное влияние на нижние слои атмосферы в глобальном масштабе. Мы не смогли найти в литературе об исследовании СО даже упоминаний об этих катастрофических природных событиях, которые произошли незадолго до извержения Кракатау в 1883 г. Мы считаем, что важно рассмотреть эти события, поскольку они принесли страшные последствия для людей, а также произвели значительный атмосферный эффект. Извержения представлены в хронологическом порядке, и их основные характеристики собраны в таблице 1.

Таблица 1

Мощнейшие вулканические извержения за период с 1783 по 1883 гг. с VEI, равным или более 4+

Добавлено извержение вулкана Августин с VEI, равным 4, с целью продемонстрировать сложность вулканической активности в 1883 г.⁴

Название	Местоположения	Дата	VEI	Тип извержения
Лаки (Lakagigar)	Исландия (64,1° с.ш., 18,3° з.д.)	783-06-08	4+	Стромболианский и субплинианский
Св. Елена (Mount St. Helens)	Штат Вашингтон, США (46,2° с.ш., 122,2° з.д.)	1800	5	Плинианский
Тамбора (Tambora)	Сумбава, Индонезия (8,3° ю.ш., 118,0° в.д.)	1809 1815-04-10	? 7	Незадокументировано Ультра-плинианский
Галунггунг (Galunggung)	Ява, Индонезия (7,3° ю.ш., 108,1° в.д.)	1822-10-08	5	Плинианский
Косигуина (Cosiguina)	Никарагуа (13,0° с.ш., 87,6° з.д.)	1835-01-20	5	Плинианский
Шивелуч	Камчатка (56,8° с.ш., 161,6° в.д.)	1854-02-18	5	Плинианский
Аскья (Askja)	Исландия (65,0° с.ш., 16,8° з.д.)	1875-03-29	5	Субплинианский, Фреато-плинианский, Плинианский
Кракатау (Krakatoa)	Индонезия (6,1° ю.ш., 105,4° в.д.)	1883-08-26	6	Плинианский
Августин (Augustine)	Южная Аляска (59,4° с.ш., 153,4° з.д.)	1883-10-06	4	Субплинианский

Мощнейшее извержение вулкана Лаки / Lakagigar / Grimsvotn (VEI=4+) произошло в Исландии 8 июня 1783 г. 130 кратеров, расположенные вдоль тектонического разлома длиной 27 км, одновременно со взрывом открылись за счет взаимодействия подземных вод с поднимающейся базальтовой магмой. Извержение длилось более 7-ми месяцев. Около 15 км³ базальтовой лавы выделилось в результате извержения. Фонтаны лавы достигали высот 800–1400 м, а столбы газов и пепла поднялись на высоту около 9–13 км. Выброшенный в атмосферу водяной пар, колоссальной массы примерно 235 млн тонн, преобладал над другими газовыми вулканическими компонентами⁵.

¹ Newhall C.G., and Self S. The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism // Journal of Geophysical Research. 1982. V. 87. N C2. P. 1231–1238.

² Siebert L., Simkin T., Kimberly P. Volcanoes of the World, Third Edition. University of California Press. Los Angeles. 2010.

³ Fogle B., Haurwitz B. Long term variations in noctilucent cloud activity and their possible cause // Climatological Research. 1973. Fraedrich K., Hantel M., Claussen Korf H., Ruprecht E. (ed.). Bonner Meteorologische Abhandlungen. Bonn, Germany. P. 263–276.

⁴ Newhall C.G., Self S. Op. cit; Zielinski G.A., Mayewski P.A., Meeker L.D., Whitlow S., Twickler M.S., Morrison M., Meese D.A., Gow A.J., Alley R.B. Record of Volcanism since 7000 BC from the GISP2 Greenland Ice Core and implications for the Volcano-Climate System // Science. 1994. V. 264. P. 948–952; Cole-Dai J., Ferris D., Lanciki A., Savarino J., Baroni M., Thiemens M.H. Cold decade (AD 1810–1819) caused by Tambora (1815) and another (1809) stratospheric volcanic eruption // Geophysical Research Letters. 2009. V. 36, L22703; Siebert L., Simkin T., Kimberly P. Op. cit.

⁵ Thordarson T., Self S. Atmospheric and environmental effects of the 1783–1784 Laki eruption: a review and reassessment // Journal of Geophysical Research. 2003. V. 108. N D1. P. 4011; Thordarson T., Self S., Oskarsson N., Hulsebosch T. Sulfur, chlorine, and fluorine degassing and atmospheric loading by the 1783–1784 AD Laki (Skaftar Fires) eruption in Iceland // Bull. of Volcanology. 1996. V. 58. P. 205–225.

В связи с выпадением на землю огромного количества пепла, лето 1783 г. получило название «Песковое Лето» и «Мгла Лаки» в Европе, а в исландских хрониках оно известно как «Голод Мглы». Некоторые историки полагают, что экстремальные погодные условия зимой и летом в Европе, и как следствие неурожай и страшный голод в последующие за этой природной катастрофой года, стали одной из главных причин Великой французской революции, начавшейся 1789 г. Восемь месяцев непрерывного выброса в атмосферу сернистых аэрозолей привели к самому социально драматическому и экологически ужасному периоду прошлого тысячелетия¹. Необычная погода и оптические явления были отмечены в Европе и Северной Америке знаменитыми современниками, такими как Гилберт Уайт, сэр Джон Каллум и Бенджамин Франклин. В частности, американский ученый и политик Б. Франклин отметил необычные погодные условия в своей лекции в 1784 г.: «В течение нескольких летних месяцев в 1783 году, когда эффект от солнечных лучей в нагревании земли в северных регионах должен быть больше, висел непрерывный туман над всей Европой и большей частью Северной Америки. ... Поэтому поверхность земли рано замерзла. Поэтому первый снег остался на ней нерастаявшим, что внесло еще больший вклад. Следовательно, воздух стал более охлажденным и ветры более суровыми и холодными. Поэтому, вероятно, зима 1783–1784 гг. стала самой суровой, чем любая другая в течение многих последних лет»².

Извержение вулкана Св. Елены, расположенного в штате Вашингтон, в северо-западном тихоокеанском регионе Соединенных Штатов, произошло или в конце 1799 г. или в начале 1800 г. Мощность извержения составила 5 единиц по шкале VEI. Вулканический столб пепла достиг высоты около 16 км, а объем выброшенной тефры³ составил около 1,5 км³. Извержение характеризовалось плиннианской фазой, после которой последовали несколько других небольших взрывов⁴.

Катастрофическое извержение вулкана Тамбора (VEI = 7) произошло на острове Сумбава в Индонезии в апреле 1815 г., и это извержение стало самым мощным в истории человечества⁵. Значение VEI, равное 7, означает, что мощность этого извержения была примерно в десять раз больше мощности извержения Кракатау в 1883 г. Умеренное взрывное извержение произошло 5 апреля 1815 г., пепел которого выпал на востоке острова Ява, а раскаты взрыва были слышны на расстоянии 2600 км. Самое мощное извержение произошло 10–11 апреля, начавшееся как «три огненных столба, поднявшихся на большую высоту»⁶, выбросило около 50 км³ магмы, что примерно 4–5 раз больше выброшенного извержением Кракатау материала. Д. Крандель и др.⁷ сделали вывод, что извержение вулкана Тамбора «... стало одним из наиболее объемных (если не самым объемным) извержением в истории человечества». Более 71000 жителей архипелага Индонезии погибли. Землетрясение ощущалось на расстоянии до 500 км. Извержение было ультра-плинианского типа⁸, и выброшенный газ и пепел поднялся на высоту более 43 км. Катастрофическое извержение вулкана Тамбора стало причиной глобальной климатической аномалии, также называемое как «вулканическая зима», причем средняя глобальная температура понизилась на 0,4–0,7°C, а температура земной поверхности снизилась на 0,51°, 0,44° и 0,29°C в течение летних периодов 1816, 1817 и 1818 гг., соответственно⁹. Следующий после извержения 1816 г. является хорошо известным историческим событием как «Год без лета». Оптические аномалии, цветные закаты и сумерки часто наблюдали в Европе. Данный период нашел отражение в живописи Дж.М.У. Тернера (рис. 1 цветной вкладки), этот же природный катаклизм в известной мере может рассматриваться как способствовавший появлению таких литературных произведений, как роман «Франкенштейн, или Современный Прометей» Мэри Шелли, рассказ «Вампир» Джона Полидори и стихотворение «Тьма» лорда Байрона.

При этом стоит отметить, что катастрофическое извержение Тамборы в 1815 г. вероятно не было единственной причиной самого холодного десятилетия в 1810–1819 гг. за последние 500 лет. Г. Зилинский и др.¹⁰ обнаружили высокую концентрацию сульфат иона SO₄²⁻ во льдах Гренландии в слое 1809 г. Обращаем внимание на то, что анион SO₄²⁻ является прямым продуктом распада вулканического аэрозоля серной кислоты (H₂SO₄), который вызывает значительный климатический эффект из-за его высокой отражающей способности (альбедо), препятствующей прохождению на Землю солнечного излучения. Дж. Коли-Дай и др.¹¹ подтвердили этот результат и показали, что произошло другое, **незадокументированное**, мощное извержение в тропиках

¹ Wood C.A. Climatic effects of the 1783 Laki eruption. In: The Year Without a Summer? C.R. Harington (Ed.). Canadian Museum of Nature. Ottawa. 1992. P. 58–77.

² Franklin B. Meteorological Imaginations and Conjectures // Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester. 1784. V. 2. P. 373–377.

³ Здесь и далее специальные термины см. в глоссарии в конце статьи.

⁴ Crandell D.R., Mullineaux D.R., Rubin M. Mount St. Helens volcano: recent and future behavior // Science. 1975. V. 187. N 4175. P. 438–441; Yamaguchi D. New tree-ring dates for recent eruptions of Mount St. Helens // Quat. Res. 1983. V. 20. P. 246–250; Carey S., Gardner J., Sigurdsson H. The intensity and magnitude of Holocene plinian eruptions from Mount St. Helens volcano // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 1995. V. 66. P. 185–202; Siebert L., Simkin T., Kimberly P. Op. cit.

⁵ Stewart G.A. Description of a volcanic eruption in the island of Sumbawa // Edinburgh Philosophical Journal. 1820. V. 3. P. 398–392; Sigurdsson H., Carey S. Plinian and co-ignimbrite tephra fall from the 1815 eruption of Tambora volcano // Bulletin of Volcanology. 1989. V. 51. P. 243–270; Zollinger H. Besteigung des Vulkans Tambora auf der Insel Sumbawa und Schilderung der Eruption desselben im Jahre 1815, Wintherthur: Zurcher and Furber, Wurster and Co. 1855. S. 1–21; Raffles S. Memoir of the life and public services of Sir Thomas Stamford Raffles, F.R.S. &c., particularly in the government of Java 1811–1816, and of Bencoolen and its dependencies 1817–1824: with details of the commerce and resources of the eastern archipelago, and selections from his correspondence. London. John Murray. 1830; Oppenheimer C. Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815 // Progress in Physical Geography. 2003. V. 27. N 2. P. 230–259.

⁶ Stewart G.A. Op. cit.; Sigurdsson H., Carey S. Op. cit.

⁷ Zollinger H. Op. cit., Wintherthur: Zurcher and Furber, Wurster and Co. 1855; Raffles S. Op. cit.

⁸ Oppenheimer C. Op. cit.

⁹ Stothers R.B. The great Tambora eruption in 1815 and its aftermath // Science. 1984. V. 224. N 4654. P. 1191–1198; Briffa K.R., Jones P.D., Schweingruber F.H., and Osborn T.J. Influence of volcanic eruptions on Northern Hemisphere summer temperature over 600 years // Nature. 1998. V. 393. P. 450–455.

¹⁰ Zielinski G.A. et al. Op. cit.

¹¹ Cole-Dai J. et al. Op. cit.

(это также может быть и вулкан Тамбора) в начале 1809 г. Их вывод основан на тщательном анализе аномалии изотопа серы (^{33}S), содержащейся в вулканическом аэрозоле серной кислоты, который образуется высоко в стратосфере при мощных взрывах, а затем с помощью меридионального переноса движется к обоим полюсам и оседает в полярных льдах Гренландии и Антарктиды. Авторы обнаружили аналогичные характеристики осадений ^{33}S как по времени, так и по величине аномалии в слое 1809 г. в ледяных ядрах. Они также установили, что требуется примерно 18 месяцев для транспортировки стратосферного вулканического аэрозоля из тропиков к полюсам и их осаждения в полярных льдах.

Мощное извержение вулкана Галунггунг произошло 8 октября 1822 г. на острове Ява (Индонезия) с VEI, равным 5. Извержение взрывного типа выбросило в атмосферу более 1 км^3 тefры. Пирокластические, лавовые и грязевые потоки сопровождали это извержение, которое продолжалось около 50 дней и унесло более 4000 жизней местных жителей¹.

Извержение вулкана Косигуина (VEI=5) случилось 20 января 1835 г. и стало самым крупным в истории Никарагуа. Извержение было плинианского типа², при котором столб вулканического пепла достиг высот 25–28 км. Вулкан извергался всего несколько дней, но извержение было мощным с объемом тefры более 1 км^3 . Извержение сопровождалось пирокластическими потоками, которые достигли залива Фонсека. Выпадение пепла было зарегистрировано далеко от вулкана, в Мексике (600 км), в Коста-Рике (350 км) и на острове Ямайка (1300 км^3). Солдаты в Гватемале вообразили, что они попали под артиллерийский обстрел. Громовые раскаты от извержения были слышны в Мексике, на Ямайке и в столице Колумбии Боготе⁴.

Катастрофическое извержение вулкана Шивелуч произошло 17–18 февраля 1854 г. на Камчатке. Извержение было плинианского типа с VEI, равным 5. Считается, что это извержение повлияло на климат Земли, по крайней мере, в региональных масштабах. Высокое содержание аниона SO_4^{2-} было зафиксировано во льдах Гренландии для слоя 1854 г.⁵ Извержение сопровождалось провалом вершины вулкана, обширными лавовыми потоками по всем склонам вулкана; огромные камни падали в основание вулкана и уничтожили значительную часть прилегающих лесов и даже вскрыли реки Еловка и Камчатка, на которых начался ледоход. Объем выброшенной тefры составил около 1 км^3 . Кроме того, выпадение пепла было зафиксировано в поселке Ключи, в 45 км южнее вулкана, и в селе Тигиль, примерно 200 км северо-западнее вулкана. Г.С. Горшков и Ю.М. Дубик сделали вывод о том, что «в целом извержение 1854 года было более мощным, чем извержение в 1964 года, и оно сравнимо с извержением вулкана Безымянный в 1956 году и, вероятно, извержение 1854 г. было еще более мощным»⁶. Отметим, что извержение вулкана Безымянный в 1956 г. характеризуется значением 5 по шкале VEI⁷.

Извержение вулкана Аскья произошло 1 января 1875 года в северо-восточной Исландии. Вулкан представляет собой щель протяженностью 100 км. Это извержение стало одним из самых мощных в исландской истории, и длилось в течение 9,5 месяцев до 17 октября 1875 г.⁸ Извержение характеризовалось пирокластическими и лавовыми потоками, коллапсом кальдеры и огромным объемом выброшенной лавы и тefры, $0,3 \text{ км}^3$ и 2 км^3 , соответственно. Главное взрывное извержение (VEI = 5) произошло 28–29 марта 1875 г. и продолжалось около 17 часов. Данное извержение характеризовалось различными типами, такими как субплинианский, плинианский и фреато-плинианский⁹. Высота пеплового столба во время плинианской фазы составила от 22 до 26 км, по данным различных исследований¹⁰.

Мы кратко упомянули о мощнейших извержениях, которые произвели колоссальные атмосферные возмущения, в том числе инжектировали пары воды и аэрозольные частицы глубоко в стратосферу и даже до начала мезосферы. Не исключено, что некоторые из этих вулканических катастроф могли стать спусковым механизмом для формирования ранних серебристых облаков, которые могли бы быть отмечены в астрономических наблюдениях XVIII–XIX вв.

¹ Siebert L., Simkin T., Kimberly P. Op. cit.

² Self S., Rampino M.R., Carr M.J. A reappraisal of the 1835 eruption of Cosiguina and its atmospheric impact // *Bulletin of Volcanology*. 1989. V. 52. P. 57–65.

³ Siebert L., Simkin T., Kimberly P. Op. cit.

⁴ Galindo J. Eruption of the volcano Cosiguina // *American Journal of Science*. 1835. V. 28. P. 332–336; Galindo J. On the eruption of the volcano Cosiguina in Nicaragua // *Journal of the Royal Geographical Society of London*. 1835. V. 5. P. 387–392; Williams H. The great eruption of Coseguina, Nicaragua, in 1835 // *University of California Publications in Geological Sciences*. 1952. V. 29. P. 21–46; Scott W., Gardner C., Devoli G., Alvarez A. The A.D. 1835 eruption of Volcan Cosiguina, Nicaragua: a guide for assessing local hazards. In: *Volcanic hazards in Central America*, Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. Rose W.I., Bluth G.J.S., Carr M.J., Esert J.W., Patino L.C., Vallance J.W. (Ed.). 2006. V. 412. P. 167–187.

⁵ Zielinski G.A. et al. Op. cit.; Брайцева О.А., Сулержицкий Л.Д., Пономарева В.В., Мелекестев И.В. Геохронология крупнейших эксплозивных извержений Камчатки в голоцене и их отражение в Гренландском ледниковом щите // *Докл. АН СССР*. 1997. Т. 352. № 4. С. 516–518; Solomina O., Pavlova I., Curtis A., Jacoby G., Ponomareva V., Pevzner M. Constraining recent Shiveluch volcano eruptions (Kamchatka, Russia) by means of dendrochronology // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2008. V. 8. P. 1083–1097.

⁶ Меняйлов А.А. Вулкан Шивелуч, его геологическое строение, состав и извержения // *Тр. лабор. вулканологии*. 1955. Вып. 9. С. 264; Gorshkov G.S., Dubik Yu.M. Gigantic directed blast at Shiveluch Volcano (Kamchatka) // *Bulletin of Volcanology*. 1970. V. 34. P. 261–288; Ponomareva V.V., Pevzner M.M., Melekstev I.V. Large debris avalanches and associated eruptions in the Holocene eruptive history of Shiveluch Volcano, Kamchatka, Russia // *Bulletin of Volcanology*. 1998. V. 59. P. 490–505.

⁷ Newhall C.G., Self S. The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism // *Journal of Geophysical Research*. 1982. V. 87. N C2. P. 1231–1238; Siebert L., Simkin T., Kimberly P. Op. cit.

⁸ Sigurdsson H., Sparks R.S.J. Rifting Episode in North Iceland in 1874–1875 and the Eruptions of Askja and Sveinagja // *Bulletin of Volcanology*. 1978. V. 41. P. 149–167.

⁹ Carey R.J., Houghton B.F., Thordarson T. Tephra dispersal and eruption dynamics of wet and dry phases of the 1875 eruption of Askja volcano, Iceland // *Bulletin of Volcanology*. 2010. V. 72. P. 259–278.

¹⁰ Carey S.N., and Sparks R.S.J. Quantitative models of fallout and dispersal of tephra from volcanic eruption columns // *Bulletin of Volcanology*. 1986. V. 48. P. 109–125; Pyle D.M. The thickness, volume and grain-size of tephra fall deposits // *Bulletin of Volcanology*. 1989. V. 51. P. 1–15; Carey R.J., Houghton B.F., Thordarson T. Op. cit.

Год открытия серебристых облаков: 1884 или 1885?

Мы не приводим все имеющиеся первые описания СО, но хотим обратить внимание на наиболее важные сведения, которые следует иметь в виду при утверждении новой даты известного атмосферного явления. Вопрос о том, в каком году были открыты серебристые облака, имеет определенное значение при рассмотрении влияния вулкана Кракатау на первые появления СО. Упоминания о многочисленных ранних наблюдениях атмосферных явлений, которые при наличии определенной смелости можно отнести к серебристым облакам, можно найти в статье И.С. Астаповича¹.

Большинство работ, посвященных первым наблюдениям СО, относятся к 1885 г. как к году первых их надежных описаний. Вместе с тем, британский художник Роберт Чарльз Лесли (Robert Charles Leslie, 1843–1887²) в 1884 г. описал некоторое атмосферное явление, напоминающее ночные светящиеся облака. Заметка была опубликована в научно-популярном британском журнале «Природа» (Nature): «В начале июля этого года было нечто весьма достойное внимания, когда у нас были несколько наиболее странных белых закатов, которые мне доводилось когда-либо видеть. Небо вокруг и выше того места, где зашло Солнце, выглядело почти столь же непрозрачным, как потолок, на котором вскоре появились во множестве загадочные маленькие облачные формы, временами очень регулярные, подобно волноприбойным знакам на песке или костям огромной рыбы или ископаемого ящера, выгравированным на камне. На фоне этих палевых закатов дома и деревья были вроде черного вельвета, причем облака оставались стационарными в течение долгого времени... Вечер за вечером эта картина повторялась»³.

Действительно, это описание напоминает морфологические формы (полосы и гребешки по современной классификации⁴) серебристых облаков. В то же время опытный наблюдатель СО знает, что хорошо развитые высокие перистые облака имеют схожие формы, а также яркость и цвет, и такие облака могут быть приняты за серебристые в вечерние и утренние часы (см. рис. 2 цветной вкладки). Реальный тип таких облаков может быть определен только с течением времени опытным наблюдателем. Кроме того, мы должны принять во внимание аномальные цветные (пурпурные) сумерки и оптические аномалии в течение 1884 г.

Кроме перистых облаков, необходимо учитывать возможное влияние стратосферных облаков, которые могут появляться на высотах 14–15 км из-за вулканических аэрозолей⁵; такие облака могут выглядеть как яркие серебристые облака на фоне сумеречного неба в течение гражданских и навигационных сумерек. Наблюдение Р. Лесли летом 1884 г., то есть во время «вулканического лета» может быть отнесено к редким и необычным (но все же иногда наблюдаемым) летним стратосферным облакам. На рис. 3 цветной вкладки представлен пример зимних стратосферных (перламутровых) облаков, похожих на серебристые.

Важно отметить, что в своих более поздних публикациях, посвященных светящимся ночным облакам как новому явлению, Р. Лесли ничего не написал о приоритете наблюдений 1884 г., более того, он совсем не ссылался на это наблюдение. Так, в 1885 г. он писал: «Хотя во время закатов 1883 г. и прошлого года иногда наблюдалось аномальное сияние до и после захода Солнца, **но я не видел ничего подобного** в смысле сумеречного эффекта такого странного, как в понедельник вечером, 6-го, когда около 10 часов вечера море светящихся серебристо-белых облаков лежало выше пояса обыкновенно ясного сумеречного сегмента, которое было довольно низким по тону и цвету. Эти облака были волнообразной формы, и очевидно на большой высоте, потому что они должны получать свой свет от Солнца, но в это было трудно верить, так как на темном небе они выглядели ярче и светлее, чем облака при полной Луне»⁶.

А в 1886 г. Р. Лесли отметил следующее явление: «Я не уверен в дате, но полагаю, **что это было в июне 1885**, когда я обратил внимание в вашем журнале на странный эффект ярких серебристо-освещенных облаков, которые оставались видимыми на северо-западе после заката почти до 11-ти вечера. Несколько раз этим летом я отмечал появления таких причудливо освещенных облачных форм, **но никогда не видел** такого прекрасного появления как в этот вечер, 12 июля»⁷. Таким образом, наблюдение серебристых облаков, проведенное художником Робертом Лесли в 1884 г. не может считаться достаточно достоверным.

Немецкий астроном Отто Йессе написал следующие строки в своей статье: «Я часто наблюдал, летом 1884 года, пурпурный свет и выполнил большое число его измерений. Поэтому феномен серебристых облаков **не избежал бы моего внимания**, если они были бы видны уже в то время»⁸. Мы можем найти еще одно важное замечание, сделанное О. Йессе в 1889 г.: «Светящиеся ночные облака, **впервые появившиеся в 1885 году**, повторялись в Европе каждый год в течение июня и июля»⁹.

Значимое высказывание о серебристых облаках можно найти в воспоминаниях русского астронома Витольда Карловича Цераского: «... Мне неоднократно возражали, что эти облака, возможно, существовали и до 1885 г., но что их не замечали. Что касается меня, я могу сказать, что **с 1875 года я наблюдаю** с помощью фотометра и считаю эти наблюдения трудными и очень неприятными, исключительно благодаря особому вниманию, с которым нужно следить за малейшим облачком или тончайшей дымкой. **Мне было бы довольно**

¹ Астапович И.С. Серебристые облака // Известия АН СССР. Сер. географ. и геофиз. 1939. № 2. С. 183–204.

² Не путать с более известным художником Чарльзом Робертом Лесли (Charles Robert Leslie, 1794–1859). См. подробнее: AskART. The Artists' Bluebook. URL: http://www.askart.com/askart/l/robert_charles_leslie/robert_charles_leslie.aspx

³ Leslie R. The sky-glow // Nature. 1884. V. 30. P. 583.

⁴ Гришин Н.И. Инструкция для наблюдений серебристых облаков. М.: Наука. 1957.

⁵ Siebert J., Timmis C., Vaughan G., Fricke K.H. A strange cloud in the Arctic summer stratosphere 1998 above Esrange (68°N), Sweden // Annales Geophysicae. 2000. V. 18. P. 505–509.

⁶ Leslie R. Sky glows // Nature. 1885. V. 32. P. 245.

⁷ Leslie R. Luminous clouds // Nature. 1886. V. 34. P. 264.

⁸ Jesse O. Ueber die leuchtenden (silbernen) Wolken // Meteorologische Zeitschrift. 1888. Bd. 5. S. 90–94 (Перевод с немецкого на английский В. Шредер); Schroder W. Otto Jesse and the investigation of noctilucous clouds 115 years ago // Bulletin of the American Meteorological Society. 2001. V. 82. N 11. P. 2457–2468.

⁹ Jesse O. Die leuchtenden Nachtwolken // Meteorologische Zeitschrift. 1889. V. 6. P. 184–186

трудно не заметить явления, которое порою охватывает не более не менее как весь небесный свод»¹.

Вильгельм Ферстер (Wilhelm Foerster), директор Берлинской обсерватории, и О. Йессе отметили в 1892 г.: «С 1885 года замечательное явление было замечено на небе на наших широтах, которое заслуживает того, чтобы возбудить интерес астрономов и геофизиков. Это то, что до сих пор нам известно как светящиеся ночные облака...»². Важно отметить следующий исторический факт. О. Йессе непосредственно процитировал³ наблюдение Р. Лесли 1885 г., а также упомянул⁴ о наблюдениях В. Церацкого 1885 и 1888 гг. Данные работы О. Йессе показывают, что он был хорошо осведомлен о наблюдениях нового ночного явления в Западной и Восточной Европе. Однако О. Йессе ни в одной из своих работ не упомянул о сомнительном наблюдении Р. Лесли 1884 г.

Известный историк науки Вилфрид Шредер (Wilfried Schröder), многие годы занимавшийся исследованием серебристых облаков, справедливо заметил в своей статье: «Кажется маловероятным, что опытные наблюдатели, такие как Ригенбах, Безольд, Гельманн, Кислинг и Йессе, упустили бы из виду такое выразительное явление, как серебристые облака. Более того, Йессе (1886) делал систематические наблюдения сумерек в течение нескольких лет до 1885 года. Он отмечал, что если бы были серебристые облака, он бы не мог не заметить их. Кроме того, во всех ранних описаниях наблюдателей нет ни одного замечания, которое бы однозначно указывало на возможность наблюдения серебристых облаков. Из данных, представленных в этой работе, можно сделать вывод, что серебристые облака не наблюдались до 1885 года»⁵.

Таким образом, очевидно, что многие профессиональные наблюдатели в Европе и в России выполняли регулярные наблюдения летнего ночного неба до 1885 г., но ни один из упомянутых выше исследователей не отметил каких-либо признаков, присущих ночным светящимся облакам. Следует учесть два важных обобщения, сделанные известными исследователями серебристых облаков. Б. Фогл и Б. Хаурвиц отметили в своем всестороннем обзоре: «Первое документально зафиксированное наблюдение облаков, как необычного явления в отношении их высоты, было сделано Т. Бакхаузом (1885) в Киссингене, Германия, 8 июня этого же года. Несомненно, такие облака замечали и ранее, но опубликованные отчеты не достаточны для несомненного отождествления их с серебристыми облаками (см. Араго, 1854; Скултитус, 1949)»⁶. М. Гадсен и В. Шредер заметили в своей канонической книге: «... Совершенно очевидно, что во время появлений цветных сумерек 1883/1884 гг., серебристые облака не были обнаружены. Существуют различные сообщения, которые могли бы быть интерпретированы как серебристые облака, но эти сообщения всегда будут оставаться неопределенными (Пернтер, 1889; Шредер, 1975; Гадсен, 1985)»⁷.

В связи с проблемой датировки первых наблюдений СО обратимся к стихотворению А.С. Пушкина «Воспоминания в Царском Селе» (октябрь 1814 г.):

Навис покров угрюмой ночи,
На своде дремлющих небес;
В безмолвной тишине почил дол и рощи,
В седом тумане дальний лес;
Чуть слышится ручей, бегущий в сень дубравы,
Чуть дышит ветерок, уснувший на листьях,
И тихая луна, как лебедь величавый,
Плывет в **серебристых облаках**.
Плывет – и бледными лучами
Предметы озарила вдруг,
Аллеи древних лип открылись пред очами,
Проглянули и холм и луг...

Последние четыре строфы лицейской редакции важны для понимания описываемой картины. Эти строфы не были включены в окончательную редакцию А.С. Пушкиным и были опубликованы после его смерти. «Плывет в серебристых облаках» – не правда ли изумительная метафора пятнадцатилетнего поэта! Или не метафора? Попробуем провести анализ данных строк.



Отто Йессе (Otto Jesse, 1838–1901), немецкий астроном, первооткрыватель и исследователь серебристых облаков в Западной Европе



Вильгельм Юлиус Ферстер (Wilhelm Julius Foerster, 1832–1921), астроном, директор Берлинской обсерватории, председатель Международной комиссии мер и весов

¹ Ceraski W. (Tseraskii V.). Sur les nuages lumineux. // Annales de l'Observatoire de Moscou. 1890. Series II. V. II. P. 177–180.; Церацкий В.К. О светящихся облаках // Церацкий В.К. Избранные работы по астрономии. Под ред. В.В. Подобед, М.: Гостехиздат. 1953. С. 81–84.

² Foerster W., Jesse O. Invitation to observe the luminous night clouds // Nature. 1892. V. 46. P. 589–590.

³ Jesse O. Die auffallenden Abenderscheinungen am Himmel im Juni und Juli 1885 // Meteorologische Zeitschrift. 1886. Bd. 2. S. 8–18.

⁴ Jesse O. Die Hohe der leuchtenden (silbernen) Wolken // Meteorologische Zeitschrift. 1887. Bd. 4. S. 424; Jesse, O.: Leuchtenden Wolken // Meteorologische Zeitschrift. 1888. Bd. 5. S. 369.

⁵ Schroder W. Were noctilucent clouds caused by the Krakatoa eruption? A case study of the research problems before 1885 // Bulletin of the American Meteorological Society. 1999. V. 80. N 10. S. 2081–2085.

⁶ Fogle B., Haurwitz B. Noctilucent clouds // Space Science Reviews. 1966. V. 6. P. 279–340.

⁷ Gadsden M., Schroder W. Op. cit.

Несмотря на то, что А.С. Пушкин написал свое стихотворение в октябре, он четко описывает летние условия: «Чуть слышится ручей, бегущий в сень дубравы, Чуть дышит ветерок, уснувший на листьях...». Кроме того, поэт описывает ночное время: «Навис покров угрюмой ночи, На своде дремлющих небес...». В то же время мы видим Луну, проглядывающую сквозь низкие тропосферные облака: «Плывет – и бледными лучами, Предметы озарила вдруг...». Это явление вполне возможно, так как серебристые и тропосферные облака часто наблюдаются вместе на фоне сумеречного сегмента, а подчас тропосферные облака полностью закрывают Луну и серебристые облака. Когда тропосферные облака уходят (или же в них появляется просвет), то яркий свет от Луны или от серебристых облаков может значительно осветить пейзаж наблюдателя. Царское Село, где жил Пушкин в 1811–1814 гг. расположено в высоких широтах 59,7° с.ш., поэтому поэт мог объединить в единую поэтическую картину свои впечатления разных летних периодов.

Таким образом, в приведенных выше строфах, мы находим четыре важных условия присущих наблюдению серебристых облаков: (1) «Плывет в серебристых облаках», (2) ночное время, (3) летние условия и (4) высокая широта места наблюдения.

Кроме того, поэт наблюдал Луну непосредственно в поле серебристых облаков. А может ли наблюдаться Луна вместе с серебристыми облаками? Нам удалось найти замечательную фотографию (рис. 4 цветной вкладки), соответствующую описанию ночной картины у Пушкина. Эта фотография демонстрирует принципиальную возможность наблюдения Луны в окрестности поля серебристых облаков на средних широтах, а также непосредственно в поле СО на высоких широтах во второй половине лета. Значит, А.С. Пушкин вполне мог видеть СО во второй половине лета в период с 1811 по 1814 гг., то есть через 28–31 год после извержения вулкана Лаки, через 11–14 лет после извержения Св. Елены в 1800 г. и через 2–5 лет после незадокументированного мощного извержения в тропиках в 1809 г. Эти вулканические катастрофы могли быть спусковым механизмом для появлений самых ранних серебристых облаков.

Конечно, мы не можем утверждать, что Пушкин действительно видел серебристые облака. Поэт мог аллегорически описать тропосферные облака как «серебристые», освещенные лунным светом. Кроме того, если одновременно наблюдаются серебристые и тропосферные облака, последние движутся относительно Луны, как правило, значительно быстрее, и выражение «плывет в серебристых облаках» будет адресовано, по-видимому, тропосферным облакам как более быстрым.



Витольд Карлович Цераский (1849–1925), астроном, член-корреспондент Петербургской АН



Виталий Александрович Бронштэн (1918–2004), астроном

Первые фотографии и оценка высоты серебристых облаков

Из англоязычной литературы хорошо известно, что первые фотографии СО были сделаны О. Йессе и его коллегами Ф. Столце и К. Кестнером в 1887 г.¹ Однако русскому ученому Виталию Бронштэну удалось найти **неопубликованное** письмо Витольда Цераского, датированное июлем 1886 г., в астрономических архивах Московского Университета. Письмо было написано на немецком языке и было адресовано в немецкий научный журнал «Astronomische Nachrichten». Статья В. Цераского была посвящена первым наблюдениям ночных светящихся облаков в ответ на призыв О. Йессе наблюдать ночные облака², опубликованный в том же журнале. В. Бронштэн сделал перевод на русский язык и опубликовал это письмо³. Отметим следующее важное высказывание В. Цераского: «... Наблюдая звезды сквозь весьма плотные полосы, на глаз даже не удается заметить никакого ослабления света. Однако очевидно, что часть света звезд поглощается, и поскольку эти облака появляются вот уже два лета,

невозможно проводить астрофотометрические наблюдения. **Облака можно без труда сфотографировать, причем получается эффектное изображение. Чтобы определить непосредственно высоту этих облаков, мы (наблюдали их с двух станций) определили их параллаксы...**»⁴.

В. Бронштэн справедливо заметил⁵, что В. Цераский не только визуально наблюдал серебристые облака, но и фотографировал их. К сожалению, эти фотографии до нас не дошли. Поскольку приведенная выше цитата датирована июлем 1886 г., очевидно, что В. Цераскому удалось сфотографировать серебристые облака в 1885 или 1886 гг., то есть за 1–2 года до О. Йессе, которому принадлежат первые опубликованные снимки серебристых облаков.

Второй исторический факт относится к определению высоты серебристых облаков. Немецкий астроном О. Йессе выполнил свою первую приблизительную оценку высоты СО из Берлина 19 июля 1885 г. на основании сравнительно простой геометрии⁶, учитывающей угол погружения Солнца под горизонт и угол освещенности верхнего края поля СО; при этом высота оказалась равной около 60 км.

Более точную оценку высоты ночных облаков О. Йессе, совместно с коллегами Ф. Столце и К. Кестне-

¹ Jesse O. Die Höhe der leuchtenden (silbernen) Wolken...

² Jesse O. Aufforderung betreffend Beobachtungen der glänzenden Himmelserscheinungen, welche seit dem Sommer 1885 öfter in Mittel-Europa gesehen worden sind // Astronomische Nachrichten. 1886. Bd. 2737. S. 15–16.

³ Бронштэн В.А. Неопубликованные наблюдения серебристых облаков В.К. Цераского // Историко-Астрономические Исследования. 1975 / Под ред. Л.Е. Майстров. М.: Наука. Т. 12. С. 385–389.

⁴ Цит. по: Бронштэн В.А. Указ. соч.

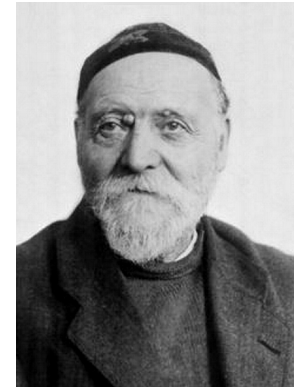
⁵ Там же; Бронштэн В.А. Серебристые облака и их наблюдения. М.: Наука. 1984.

⁶ Jesse O. Die auffallenden Abenderscheinungen am Himmel im Juni und Juli 1885...

ром, сделал 6 июля 1887 г. с помощью триангуляционных измерений по двум базисным фотографиям¹, полученным из Берлина и Потсдама, находящихся на расстоянии 23 км друг от друга; высота облаков составила 75 ± 5 км. Наиболее точные определения высот серебристых облаков О. Йессе сделал в течение 1888–1891 гг. путем большого числа триангуляционных измерений из разных пунктов². Диапазон высот СО простирался от 80 до 88 км, со средним значением $82,08 \pm 0,009$ км, что очень близко к современной оценке. Отметим, что русский астроном К.Д. Покровский³ также определил высоту СО в 1897 г., которая составила 82 км, это дало почву для рассуждений о стабильности высоты СО, что является плодотворной темой дискуссий в современном научном обществе. В.К. Цераский вместе со своим коллегой А.А. Белопольским определили высоту СО 26 июня 1885 г. При этом они сделали пять триангуляционных измерений (зарисовывая наиболее яркие детали СО и измеряя их азимутальные углы и углы возвышения малыми универсальными инструментами Эртеля) из двух пунктов. В.К. Цераский находился в Москве, а А.А. Белопольский – в 32 км от него в подмосковных Листвянах. Одно из измерений высоты (52,3 км) было явно ошибочным и находилось за пределами границ статистического доверительного интервала. Другие четыре измерения лежали в диапазоне от 72,5 до 83,2 км со средним значением 79,2 км, что очень близко к современным оценкам высоты серебристых облаков⁴. В. Цераский заметил в своей работе: «До сих пор, если не ошибаюсь, никто и никогда не видел облаков на такой высоте, где, казалось, пролетают лишь метеоры...»⁵.



Константин Доримен-
дович Покровский
(1868–1944), астроном,
член-корреспондент АН
СССР



Аристарх Аполлонович
Белопольский (1854–1934),
астроном, астрофизик,
академик Императорской
Академии наук

Витольд Карлович Цераский был совершенно прав: впервые в истории, 26 июня 1885 г., было показано, что облака могут существовать на больших высотах в атмосфере Земли, то есть значительно выше высоты обычных тропосферных облаков.

Выводы

Существуют определенные аргументы в пользу того, что наблюдение Роберта Лесли 1884 г. может относиться не только к серебристым, но и к перистым, а также к стратосферным облакам. Таким образом, не имеет смысла упоминать о 1884 г. как о дате сомнительного открытия СО. Тем исследователям, которые безоговорочно настроены считать 1884 г. годом открытия СО, мы рекомендуем рассмотреть следующее компромиссное решение. Если кто-то хочет указать 1884 г. в качестве года открытия СО, то наиболее корректной формулировкой, на наш взгляд, является указание на то, что первое появление, напоминающее серебристые облака, было сделано только из одного пункта (Англия) и только одним любителем-энтузиастом Р. Лесли⁶ (и в этом случае необходимо упомянуть о первом наблюдателе серебристых облаков – о великом русском поэте Александре Сергеевиче Пушкине). При этом необходимо отметить, что яркие и протяженные светящиеся ночные облака документально наблюдались многими наблюдателями-энтузиастами и астрономами над огромной территорией от Западной Европы до России много ночей подряд в июне и июле 1885 г.

Извержение вулкана Кракатау в 1883 г., вероятно, не было единственным спусковым механизмом для начала появлений СО. На исторической памяти происходили чуть меньшие по мощности извержения (Лаки в 1783, Св. Елена в 1800, Галунггунг в 1822, Косигуина в 1835, Шивелуч в 1854, Аскья в 1875), а также более мощное извержение, такое как Тамбора в 1815 г. Эти колоссальные извержения произвели значительные атмосферные возмущения (как в региональном так и в глобальном масштабе) и могли изменить состояние мезосферы путем инжектирования значительного количества водяного пара и аэрозольных частиц, тем самым благоприятствуя образованию СО. Последние могли наблюдаться в течение коротких летних интервалов после грандиозных вулканических извержений.

При анализе вулканической активности, как возможного спускового механизма для появлений СО, наряду с катастрофическим извержением Кракатау в августе 1883 г., также важно рассмотреть значительное извержение вулкана Августин в октябре 1883 г. на Аляске, которое могло выбросить в полярную и субполярную атмосферу дополнительное количество водяного пара и аэрозолей.

Первые надежные измерения высоты серебристых облаков были сделаны двумя русскими астрономами В.К. Цераским и А.А. Белопольским 26 июня 1885 г.⁷, которые оценили высоту ночных облаков в интервале от 73 до 83 км. Кроме того, В.К. Цераский впервые сфотографировал ночные облака в 1885 или 1886 г., то есть за 1–2 года до фотографий СО, сделанных немецким астрономом О. Йессе, кому принадлежат первые опубликованные снимки СО. К сожалению, ни одной фотографии серебристых облаков, сделанной В.К. Цераским, не удалось найти ни в его научных трудах, ни в его научных архивах.

¹ Jesse O. Die Hohe der leuchtenden (silbernen) Wolken...

² Jesse O. Die Hohe der leuchtenden Nachtwolken // Astronomische Nachrichten. 1896. Bd. 140. S. 161–168.

³ Покровский К.Д. Светящиеся ночные облака // Изв. Русс. Астрон. Общества. 1897. Вып. 6. С. 273–289.

⁴ Бронштэн В.А. Указ. соч.; Цераский В.К. Астрономический фотометр и его приложения. Докторская диссертация // Математический Сборник. 1887. Т. XIII. П. 21. С. 626–631.

⁵ Цераский В.К. Астрономический фотометр и его приложения...

⁶ Leslie R. Sky glows... P. 583.

⁷ Цераский В.К. Астрономический фотометр и его приложения...

Направление дальнейших исследований. Не исключено, что некоторые из упомянутых выше вулканических катастроф произвели заметный эффект не только на нижнюю, но и на среднюю атмосферу, подобно воздействию грандиозного извержения вулкана Кракатау. Авторы обращаются к исследователям, имеющим доступ к астрономическим и метеорологическим архивам за 1784–1785, 1800–1801, 1809–1817, 1823–1824, 1835–1836, 1854–1855, 1875–1876 гг., с призывом внимательно посмотреть летние записи этих лет. Серебристые облака могли появляться в эти временные интервалы, то есть спустя 1/2–2 года после мощнейших вулканических извержений.

Например, известно¹, что в дореволюционной России существовала хорошо оснащенная сеть геофизических обсерваторий – в Хельсинки (Финляндия), Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Барнауле, Нерчинске, Ситке (Аляска), – в которых проводились регулярные измерения магнитного поля Земли и метеорологические наблюдения начиная с 1841–1842 гг. Кроме того, записи о необычных атмосферных явлениях (и серебристых облаках в частности) могут содержаться в дневниках землевладельцев, военных, путешественников, в зарисовках художников.

Глоссарий

Кальдера (исп. *Caldera* – котёл) – циркообразная впадина с крутыми стенками и более или менее ровным дном, образовавшаяся вследствие провала вершины вулкана и в некоторых случаях прилегающей к нему местности. В диаметре кальдера может достигать 10–15 км и более.

Параллакс – видимое смещение более близкого объекта на фоне более далеких при перемещении наблюдателя с одного конца некоторой базы на другой ее конец. Если длина базы известна, то параллактический угол позволяет вычислить расстояние до объекта. При фиксированной базе параллактический угол служит мерой расстояния до объекта.

Пирокластический поток – смесь высокотемпературных вулканических газов, пепла и камней, образующаяся при извержении вулкана. При этом, поток имеет в основном ламинарное течение с долей обломочного материала значительно превышающей газовую составляющую. Скорость потока может достигать 100 км/ч с температурой газа 100–800°C.

Плинианский тип извержения – извержения этого типа характеризуются большой взрывной интенсивностью (5 и более по шкале VEI), при котором большое количество пепла и вулканических газов выбрасывается в атмосферу на высоту выше 10 км, то есть в верхнюю тропосферу и стратосферу. Объем выброшенного вещества составляет от 1 до 10 км³. Извержения такого типа происходят непрерывно в течение нескольких часов и даже дней. Название происходит от имени римского учёного Плиния Старшего, погибшего в процессе наблюдения за извержением Везувия в 79 н.э.

Сублинианский тип извержения – обладает меньшей взрывной интенсивностью (4 по шкале VEI) в сравнении с плинианским типом. Характеризуется выбросом пеплового столба в атмосферу на высоту от 10 до 30 км.

Тефра – обломочный материал, образующийся при вулканическом извержении и имеющий признаки воздушной транспортировки из кратера. Наиболее типичный продукт эксплозий всех вулканов.

Триангуляция – метод вычисления местоположения объекта в пространстве. Выполняется путем геодезического построения, состоящего, как правило, из треугольников, у которых измеряются все углы и длины базовых сторон.

Ультра-плинианский тип извержения – самый мощный тип извержения с VEI от 6 до 8. Характеризуется выбросом пеплового столба высоко в стратосферу на высоту более 25 км и объемом выброшенного вещества от 10 км³ до 1000 км³. Данному типу принадлежат извержения вулканов Озеро Тоба (ок. 74000 лет назад), Тамбора (1815) и Кракатау (1883).

Универсальный инструмент Эртеля – угломерный инструмент, аналог теодолита. Позволяет определять углы возвышения и азимутальные углы с точностью до 10 угловых секунд.

Фреато-плинианский тип извержения – извержение вулкана, при котором происходит взаимодействие значительного объема воды и магмы.

Благодарности

Авторы благодарят Ирину Стрельникову за поиск и копирование научных публикаций Отто Йёссе, Питера Фёлгера (Peter Völger) за помощь в переводе этих материалов с немецкого, Николая Шацкого за поиск и копирование научной статьи К.Д. Покровского, Игоря Веселовского за информацию о архивах сети геофизических обсерваторий Российской империи. Авторы признательны главному редактору журнала «Пространство и Время» Ольге Николаевне Тыняновой за стилистическую работу с текстом и его верстку.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Астапович И.С. Серебристые облака // Известия АН СССР. Сер. географ. и геофиз. 1939. № 2. С. 183–204. Astapovich I.S. (1939). Serebristye oblaka. Izvestiya AN SSSR. Ser. geograf. i geofiz. N 2. Pp. 183–204.
- 2 Брайцева О.А., Сулержицкий Л.Д., Пономарева В.В., Мелекесцев И.В. Геохронология крупнейших эксплозивных извержений Камчатки в голоцене и их отражение в Гренландском ледниковом щите // Докл. АН СССР. 1997. Т. 352. № 4. С. 516–518. Braitseva O.A., Sulerzhitskii L.D., Ponomareva V.V., Melekestsev I.V. (1997). Geokhronologiya krupneishikh eksplozivnykh izverzenii Kamchatki v golotsene i ikh otrazhenie v Grenlandskom lednikovom shchite. Dokl. AN SSSR. T. 352. N 4. Pp. 516–518.
- 3 Бронштэн В.А. Неопубликованные наблюдения серебристых облаков В.К. Цераского // Историко-Астрономические Исследования. Под ред. Л.Е. Майстров. М.: Наука, 1975. Т. 12. С. 385–389. Bronshten V.A. (1975). Neopublikovannye nablyudeniya serebristykh oblakov V.K. Tseraskogo. In: Istoriko-

¹ Nevanlinna H. On geomagnetic variations during the August-September storms of 1859 // Advances in Space Research. 2008. V. 42. I. 1. P. 171–180.

- Astronomicheskije Issledovaniya. Pod red. L.E. Maistrov. Nauka, Moskva. 1975. T. 12. Pp. 385–389.
- 4 Бронштэн В.А. Серебристые облака и их наблюдения. М.: Наука. 1984.
Bronshsten V.A. (1984). Serebristye oblaka i ikh nablyudeniya. Nauka, Moskva.
 - 5 Бронштэн В.А., Гришин Н.И. Серебристые облака. М.: Наука. 1970.
Bronshsten V.A., Grishin N.I. (1970). Serebristye oblaka. Nauka, Moskva.
 - 6 Гришин Н.И. Инструкция для наблюдений серебристых облаков. М.: Наука. 1957.
Grishin N.I. (1957). Instruktsiya dlya nablyudenii serebristyx oblakov. Nauka, Moskva.
 - 7 Меньяйлов А.А. Вулкан Шивелуч, его геологическое строение, состав и извержения // Тр. лабор. вулканологии. 1955. Вып. 9. С. 264.
Menyaailov A.A. (1955). Vulkan Shiveluch, ego geologicheskoe stroenie, sostav i izverzheniya. Tr. labor. vulkanologii. Vyp. 9. P. 264.
 - 8 Покровский К.Д. Светящиеся ночные облака // Изв. Русс. Астрон. Общества. 1897. Вып. 6. С. 273–289.
Pokrovskii K.D. (1897). Svetiyashchiesya nochnye oblaka. Izv. Russ. Astron. Obshchestva. Vyp. 6. Pp. 273–289.
 - 9 Цераский В.К. Астрономический фотометр и его приложения, Докторская диссертация // Математический Сборник. 1887. Т. XIII. П. 21. С. 626–631.
Tseraskii V.K. (1887). Astronomicheskii fotometr i ego prilozheniya, Doktorskaya dissertatsiya. Matematicheskii Sbornik. 1887. T. XIII. P. 21. Pp. 626–631.
 - 10 Цераский В.К. О светящихся облаках // Цераский В.К. Избранные работы по астрономии / Под ред. В.В. Подобед, М.: Гостехиздат. 1953. С. 81–84.
Tseraskii V.K. (1953). O svetyashchikhsya oblakakh. In: Tseraskii V.K. (1953). Izbrannye raboty po astronomii. Pod red. V.V. Podobed, Gostekhizdat, Moskva. Pp. 81–84.
 - 11 Becker E. and Schmitz G. Climatological effects of orography and land-sea heating contrasts on the gravity wave-driven circulation of the mesosphere. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 2003. V. 60. P. 103–118.
 - 12 Briffa K.R., Jones P.D., Schweingruber F.H., and Osborn T.J. Influence of volcanic eruptions on Northern Hemisphere summer temperature over 600 years. *Nature*. 1998. V. 393. P. 450–455.
 - 13 Carey S.N., and Sparks R.S.J. Quantitative models of fallout and dispersal of tephra from volcanic eruption columns. *Bulletin of Volcanology*. 1986. V. 48. P. 109–125.
 - 14 Carey S., Gardner J., Sigurdsson H. The intensity and magnitude of Holocene plinian eruptions from Mount St. Helens volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 1995. V. 66, P. 185–202.
 - 15 Carey R.J., Houghton B.F., Thordarson T. Tephra dispersal and eruption dynamics of wet and dry phases of the 1875 eruption of Askja volcano, Iceland // *Bulletin of Volcanology*. 2010. V. 72. P. 259–278.
 - 16 Ceraski W. (Tseraskii V.). Sur les nuages lumineux. *Annales de l'Observatoire de Moscou*. 1890. Series II. T. II. P. 177–180.
 - 17 Cole-Dai J., Ferris D., Lanciki A., Savarino J., Baroni M., Thiemens M.H. Cold decade (AD 1810–1819) caused by Tambora (1815) and another (1809) stratospheric volcanic eruption. *Geophys. Res. Lett.* 2009. V. 36, L 22703.
 - 18 Crandell D.R., Mullineaux D.R., Rubin M. Mount St. Helens volcano: recent and future behavior // *Science*. 1975. V. 187. N 4175. P. 438–441.
 - 19 Foerster W., Jesse O. Invitation to observe the luminous night clouds. *Nature*. 1892. V. 46. P. 589–590.
 - 20 Fogle B., Haurwitz B. Noctilucent clouds. *Space Science Reviews*. 1966. V. 6. P. 279–340.
 - 21 Fogle B., Haurwitz B. Long term variations in noctilucent cloud activity and their possible cause. *Climatological Res.* 1973.
 - 22 Fraedrich K., Hantel M., Claussen Korf H., Ruprecht E. (Ed.). *Bonner Meteorologische Abhandlungen*. Bonn. Germany. P. 263–276.
 - 23 Franklin B. Meteorological imaginations and conjectures. *Mem. Lit. Philos. Soc. Manchester*. 1784. V. 2. P. 373–377.
 - 24 Gadsden M., Schroder W. *Noctilucent Clouds*. Springer. New York. 1989.
 - 25 Galindo J. Eruption of the volcano Cosiguina. *American Journal of Science*. 1835. V. 28. P. 332–336.
 - 26 Galindo J. On the eruption of the volcano Cosiguina in Nicaragua. *Journal of the Royal Geographical Society of London*. 1835. V. 5. P. 387–392.
 - 27 Gorshkov G.S, Dubik Yu.M. Gigantic directed blast at Shiveluch Volcano (Kamchatka). *Bulletin of Volcanology*. 1970. V. 34. P. 261–288.
 - 28 Hartquist T., Havnes O., Kassa M. Exploring polar mesospheric summer echoes. *Astronomy & Geophysics*. 2009. V. 50. P. 1.8–1.14.
 - 29 Jesse O. Auffallende Abenderscheinungen am Himmel. *Meteorologische Zeitschrift*. 1885. Bd. 2. S. 311–312.
 - 30 Jesse O. Aufforderung betreffend Beobachtungen der glänzenden Himmelserscheinungen, welche seit dem Sommer 1885 often in Mittel-Europa gesehen worden sind. *Astronomische Nachrichten*. 1886. Bd. 2737, S. 15–16.
 - 31 Jesse O. Die auffallenden Abenderscheinungen am Himmel im Juni und Juli 1885/1886. *Meteorologische Zeitschrift*. Bd. 2. S. 8–18.
 - 32 Jesse O. Die Hohe der leuchtenden (silbernen) Wolken. *Meteorologische Zeitschrift*. 1887. Bd. 4, S. 424.
 - 33 Jesse O. Ueber die leuchtenden (silbernen) Wolken // *Meteorologische Zeitschrift*. 1888. Bd. 5. S. 90–94.
 - 34 Jesse O. Leuchtenden Wolken. *Meteorologische Zeitschrift*. 1888. Bd. 5. S. 369.
 - 35 Jesse O. Die leuchtenden Nachtwolken. *Meteorologische Zeitschrift*. 1889. Bd. 6. S. 184–186.
 - 36 Jesse O. Die Hohe der leuchtenden Nachtwolken // *Astronomische Nachrichten*. 1896. Bd. 140. S. 161–168.
 - 37 Leslie R. The sky-glow. *Nature*. 1884. V. 30. P. 583.
 - 38 Leslie R. Sky glows. *Nature*. 1885. V. 32. P. 245.
 - 39 Leslie R. Luminous clouds. *Nature*. 1886. V. 34. P. 264.
 - 40 Nevanlinna H. On geomagnetic variations during the August-September storms of 1859. *Advances in Space Research*. 2008. V. 42. I. 1. P. 171–180.
 - 41 Newhall C.G., Self S. The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical

- volcanism. *Journal of Geophysical Research*, 1982. V. 87. N C2. P. 1231–1238.
- 42 Oppenheimer C. Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. *Progress in Physical Geography*. 2003. V. 27. N 2. P. 230–259.
 - 43 Pautet P.-D., Stegman J., Wrasse C.M., Nielsen K., Takahashi H., Taylor M.J., Hoppel K.W., Eckermann S.D. Analysis of gravity waves structures visible in noctilucent cloud images. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2011. V. 73. N 14–15. P. 2082–2090.
 - 44 Ponomareva V.V., Pevzner M.M., Melekestsev I.V. Large debris avalanches and associated eruptions in the Holocene eruptive history of Shiveluch Volcano, Kamchatka, Russia. *Bulletin of Volcanology*. 1998. V. 59. P. 490–505.
 - 45 Pyle D.M. The thickness, volume and grain-size of tephra fall deposits. *Bulletin of Volcanology*. 1989. V. 51. P. 1–15.
 - 46 Raffles S. *Memoir of the life and public services of Sir Thomas Stamford Raffles, F.R.S. &c., particularly in the government of Java 1811–1816, and of Bencoolen and its dependencies 1817–1824: with details of the commerce and resources of the eastern archipelago, and selections from his correspondence*. London. John Murray. 1830.
 - 47 Rampino M., Self S. Historic eruptions of Tambora (1815), Krakatau (1883) and Agung (1963), their stratospheric aerosols and climatic impact. *Quaternary Research*. 1982. V. 18. P. 127–143.
 - 48 Schroder W. Were noctilucent clouds caused by the Krakatoa eruption? A case study of the research problems before 1885. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1999. V. 80. N 10. P. 2081–2085.
 - 49 Schroder W. Otto Jesse and the investigation of noctilucent clouds 115 years ago. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2001. V. 82. N 11. P. 2457–2468.
 - 50 Scott W., Gardner C., Devoli G., Alvarez A. The A.D. 1835 eruption of Volcan Cosiguina, Nicaragua: a guide for assessing local hazards. In: *Volcanic hazards in Central America*, Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. Rose W.I., Bluth G.J.S., Carr M.J., Esert J.W., Patino L.C., Vallance J.W. (Ed.). 2006. V. 412. P. 167–187.
 - 51 Self S., Rampino M. The 1883 eruption of Krakatau. *Nature*. 1981. V. 294. P. 699–704.
 - 52 Self S., Rampino M.R., Carr M.J. A reappraisal of the 1835 eruption of Cosiguina and its atmospheric impact // *Bulletin of Volcanology*. 1989. V. 52. P. 57–65.
 - 53 Siebert J., Timmis C., Vaughan G., Fricke K.H. A strange cloud in the Arctic summer stratosphere 1998 above Esrange (68°N), Sweden // *Annales Geophysicae*. 2000. V. 18. P. 505–509.
 - 54 Siebert L., Simkin T., Kimberly P. *Volcanoes of the World*, 3rd Edition. Univ. of California Press. Los Angeles. 2010.
 - 55 Sigurdsson H., Sparks R.S.J. Rifting Episode in North Iceland in 1874–1875 and the Eruptions of Askja and Sveinagja. *Bulletin of Volcanology*. 1978. V. 41. P. 149–167.
 - 56 Sigurdsson H., Carey S. Plinian and co-ignimbrite tephra fall from the 1815 eruption of Tambora volcano. *Bulletin of Volcanology*. 1989. V. 51. P. 243–270.
 - 57 Sigurdsson H., Carey S., Mandeville C., Bronto S. Krakatau volcano expedition 1990. Report to the National Geographic Society. 1990.
 - 58 Solomina O., Pavlova I., Curtis A., Jacoby G., Ponomareva V., Pevzner M. Constraining recent Shiveluch volcano eruptions (Kamchatka, Russia) by means of dendrochronology. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2008. V. 8. P. 1083–1097.
 - 59 Stewart G.A. Description of a volcanic eruption in the island of Sumbawa. *Edinburgh Philos. J.* 1820. V. 3. P. 398–392.
 - 60 Stothers R.B. The great Tambora eruption in 1815 and its aftermath // *Science*. 1984. V. 224. N 4654. P. 1191–1198.
 - 61 Symonds R.B., Rose W.I., Bluth G., Gerlach T.M. Volcanic gas studies: methods, results, and applications. In: *Volatiles in Magmas: Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy*. Carroll M.R., and Holloway J.R. (ed.). 1994. V. 30. P. 1–66.
 - 62 Taylor M.J., Gadsden M., Lowe R.P., Zalcik M.S., Brausch J. Mesospheric cloud observations at unusually low latitudes // *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 2002. V. 64. P. 991–999.
 - 63 Thomas G.E., Olivero J.J., Jensen E.J., Schroeder W., Toon O.B. Relation between increasing methane and the presence of ice clouds at the mesopause // *Nature*. 1989. V. 338. P. 490–492.
 - 64 Thordarson T., Self S., Oskarsson N., Hulsebosch T. Sulfur, chlorine, and fluorine degassing and atmospheric loading by the 1783–1784 AD Laki (Skaftar Fires) eruption in Iceland // *Bulletin of Volcanology*. 1996. V. 58. P. 205–225.
 - 65 Thordarson T., Self S. Atmospheric and environmental effects of the 1783–1784 Laki eruption: a review and reassessment // *Journal of Geophysical Research*. 2003. V. 108. N D1. P. 4011.
 - 66 Verbeek R.D.M. The Krakatau eruption // *Nature*. 1884. V. 30. P. 10–15.
 - 67 Williams H. The great eruption of Coseguina, Nicaragua, in 1835 // *University of California Publications in Geological Sciences*. 1952. V. 29. P. 21–46.
 - 68 Wood C.A. Climatic effects of the 1783 Laki eruption. In: *The Year Without a Summer?* C.R. Harington (Ed.). Canadian Museum of Nature. Ottawa. 1992. P. 58–77.
 - 69 Yamaguchi D. New tree-ring dates for recent eruptions of Mount St. Helens // *Quat. Res.* 1983. V. 20. P. 246–250.
 - 70 Zielinski G.A., Mayewski P.A., Meeker L.D., Whitlow S., Twickler M.S., Morrison M., Meese D.A., Gow A.J., Alley R.B. Record of Volcanism since 7000 BC from the GISP2 Greenland Ice Core and implications for the Volcano-Climate System // *Science*. 1994. V. 264. P. 948–952.
 - 71 Zollinger H. Besteigung des Vulkans Tamboro auf der Insel Sumbawa und Schilderung der Eruption desselben im Jahre 1815. Wintherthur: Zurcher and Furber, Wurster and Co. 1855. S. 1–21.



Рис. 1. Канал Чичестер, около 1828 года. Художник Дж.М.У. Тернер (Joseph Mallord William Turner). На картине изображен цветной закат (или восход) Солнца с характерным присутствием в атмосфере взвеси аэрозольных частиц, источником которых, вероятно, было колоссальное извержение вулкана Тамбора в апреле 1815 г. на экваториальных широтах.



Рис. 2. Высотные перистые облака при дневном освещении. 31 августа 2009 г., Московская область. Съемка А.В. Ретивова. Подобные структуры могут также наблюдаться в сумеречном сегменте в вечерние и утренние часы, которые, возможно, наблюдал Р. Лесли летом 1884 г.

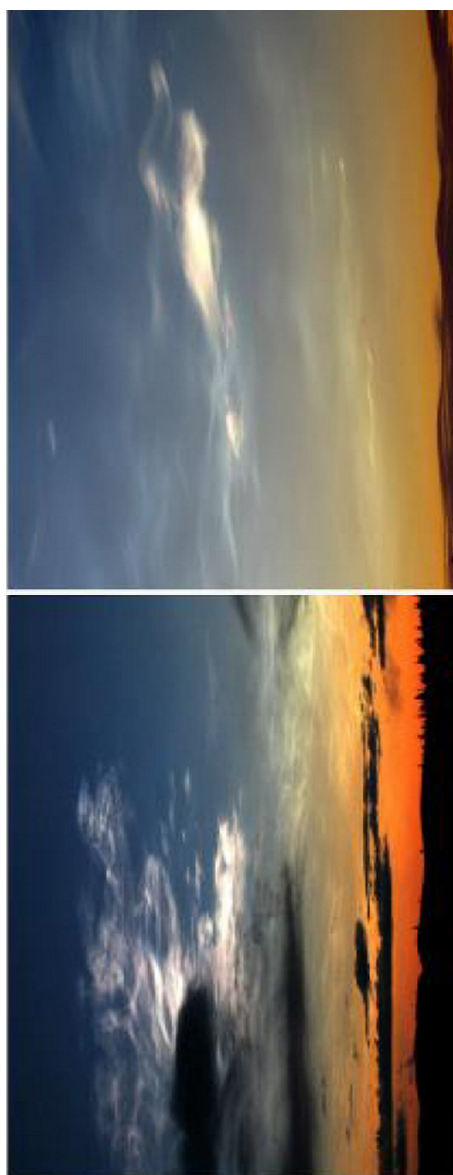


Рис. 3. 19 декабря 2008 г., Кируна, Швеция. Съемка П.А. Далина. Стратосферные (перламутровые) облака в вечерние часы иногда очень похожи на серебристые облака по форме, цвету и яркости.



Рис. 4. Съемка В.А.Ромейко, 21 июля 2006 г., Московская область. «И тихая луна, как лебедь величавый, Плышет в серебристых облаках...»