

- [16] *Couture S., Houle D., Gagnon C.* Increases of dissolved organic carbon in temperate and boreal lakes in Quebec, Canada // *Environ Sci Pollut Res.* 2012. 19. P. 361—371. doi:10.1007/s11356-011-0565-6.
- [17] *Einem J., Graneli W.* Effects of fetch and dissolved organic carbon on epilimnion depth and light climate in small forest lakes in southern Sweden // *Limnol. Oceanogr.* 2010. 55(2). P. 920—930.
- [18] *Heiskanen J., Mammarella I., Ojala A. et al.* Effects of water clarity on lake stratification and lake-atmosphere heat exchange // *J. Geophys. Res. Atmos.* 2015. V. 120. P. 7412—7428. doi:10.1002/2014JD022938.
- [19] *Kirillin G., Shatwell T.* Generalized scaling of seasonal thermal stratification in lakes // *Earth-Science Reviews.* 2016. 161. P. 179—190.
- [20] *Mironov D. V.* Parameterization of lakes in numerical weather prediction. Description of a lake model — COSMO Technical Report. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Germany. 2008. N 11. 41 p.
- [21] *Mironov D., Heise E., Kourzeneva E. et al.* Implementation of the lake parameterisation scheme FLake into the numerical weather prediction model COSMO // *Boreal Environment Research.* 2010. 15. P. 218—230.
- [22] *Pace M. L., Cole J. J.* Synchronous variation of dissolved organic carbon and color in lakes // *Limnol. Oceanogr.* 2002. 47(2). P. 333—342.
- [23] *Shatwell T., Adrian R., Kirillin G.* Planktonic events may cause polymictic-dimictic regime shifts in temperate lakes // *Sci. Report.* 2016. 6. 24 361.
- [24] *Snucins E., Gunn J.* Interannual variation in the thermal structure of clear and colored lakes // *Limnol. Oceanogr.* 2000. 45(7). P. 1639—1646.
- [25] *Zdorovenov R., Gavrilenko G., Zdorovenova G. et al.* Optical properties of lake Vendyurskoe // *Geography, Environment, Sustainability.* 2016. N 3. P. 74—87.

DOI 10.1134/S086960711806006X

Изв. РГО. 2018. Т. 150, вып. 6

ОПАСНЫЕ ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ОСТРОВА МАТУА (СРЕДНИЕ КУРИЛЫ)

© С. Ю. ГРИШИН

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии
ДВО РАН, Владивосток
E-mail: grishin@biosoil.ru, alaid@bk.ru

Оценки вулканической опасности для территории острова Матуа основаны на неполных данных, собранных за короткий период наблюдений (менее 100 лет), поэтому не могут надежно характеризовать повторяемость и масштаб опасных явлений. Помимо явлений, зафиксированных в ходе сильного извержения вулкана Пик Сарычева в 2009 г. (а также ряде извержений XX в.), масштаб и диапазон воздействия которых на природу острова недостаточно изучен, выявлены новые признаки потенциальных опасностей. Это газовые эмиссии, вызвавшие поражение древесной растительности в 2007 г., а также данные о масштабной гибели древесной растительности, произошедшей около 150 л. н. Сюда же можно отнести особо высокие эруптивные колонны (извержение 2009 г.). Выявлена высокая повторяемость сильных извержений: за последние полтора столетия произошли 4 извержения класса VEI 4, не считая менее крупных. В ходе сильных извержений может внезапно и непредсказуемо сложиться комбинация неблагоприятных факторов, приводящая к разрушительным последствиям в юго-восточной половине острова. В аспекте нового этапа освоения острова, потенциальную опасность может представлять сход пирокластических потоков и волн по юго-вос-

точным склонам вулкана, лахары, а также воздействие сильных газовых эмиссий. Мощный пеплопад может вызвать поражение экосистем, в том числе загрязнить и отравить доступные источники воды, повредить инфраструктуру. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что в перспективе 30—50 лет никакая часть острова не может считаться безопасной.

Ключевые слова: природные риски, вулкан, извержения, пирокластические потоки, лахары, эмиссии газов, экосистемы, Пик Сарычева, Курильские острова.

Введение. Оценки вулканических угроз в нашей стране выполнены для ограниченного числа вулканов, в основном располагающихся поблизости от городов и поселков (Авачинский и Шивелуч на Камчатке, Эбеко на Курилах) [3, 24, 27]. Краткий обзор уровня вулканической опасности для вулканов Курил выполнен Е. К. Мархининым с коллегами [23]; для вулкана Пик Сарычева дается высший уровень опасности: сильные взрывные извержения центрального кратера в интервале 10—50 лет.

Выполненные недавно зонирования о-ва Матуа по степени природной опасности [18, 20] основаны на неполных данных, собранных за короткий период времени, поэтому не могут надежно характеризовать повторяемость и амплитуду опасных явлений. Природная ситуация на о-ве Матуа в значительной мере контролируется вулканом Пик Сарычева — одним из наиболее активных вулканов Курильских островов. Извержения создают угрозу жизни и здоровью людей, разрушения инфраструктуры, повреждения техники и других материальных ценностей, завезенных на остров с большими затратами. Сильное извержение 1946 г. вызвало эвакуацию людей с острова и последующее сокращение размещенных там воинских подразделений. Эвакуация проводилась и в ходе умеренного извержения 1976 г., готовились к эвакуации и при небольшом эруптивном событии 1978 г. [11]. Таким образом, нахождение людей на острове ограничено активностью вулкана. Новые попытки освоения острова, которые будут сопровождаться большими материальными затратами на транспортировку и строительство, могут сопровождаться угрозой разрушения построенных объектов, а главное — угрозой жизни и здоровью людей. К настоящему времени после изучения последствий сильного извержения 2009 г. и анализа разрозненной информации по другим извержениям накоплены определенные данные о потенциальных вулканических опасностях для территории острова. В данной статье рассмотрены факторы риска, связанные с вулканизмом (не рассматриваются угрозы, связанные с сейсмичностью, цунами, лавинами и др.). В недавно опубликованной статье [20] вулканической опасности уделено, как представляется, недостаточно внимания (в основном рассматриваются селевая и лавинная опасности, а также процессы в береговой зоне), тогда как именно по причине реальной вулканической угрозы на о-ве Матуа (и нигде больше в России) дважды за краткий период с интервалом 30 лет проводилась эвакуация людей. В данной статье кратко рассмотрены и выделены наиболее вероятные факторы угроз; здесь не приводятся расчеты по прогнозам и оценкам рисков природных воздействий, эти результаты могут быть получены только после детальных полевых работ на острове.

Природные условия острова. Матуа — небольшой (52 км²) уединенный остров в центральной части архипелага [43]. Остров имеет длину около 12 км, ширину до 6 км. Его северо-западную, расширенную половину занимает активный вулкан Пик Сарычева (высота 1446 м). От вулкана на юго-восток понижается длинный пологий склон, сложенный древними лавовыми потоками. Возраст этих лав, предположительно, более 1000 лет, они полностью покрыты стланиками и лугами. Освоенные территории связаны в основном с об-

ширными выровненными террасами (абсолютная высота 20—70 м) юго-восточной части острова, покрытыми ольховостланиковой и лугово-тундровой растительностью.

Вулкан Пик Сарычева — один из активнейших вулканов Курильских островов. История вулканической активности (до 1960 г.) рассмотрена в публикациях Г. С. Горшкова [6, 7], а также сахалинских вулканологов [17—19, 21, 31, 32, 38]. Отметим, что в ряде последних публикаций появились ошибки. В основном они относятся к извержению 1946 г., которое определялось как эффузивно-эксплозивное, хотя оно являлось сугубо эксплозивным [7, 11]. Кроме этого, занижалась мощность этого извержения [18, 19] (см. далее). Таким образом, даже для XX в. история извержений не вполне обеспечена достоверной информацией, а ситуация для XVIII—XIX вв. совершенно не ясна. Достаточно определенно можно говорить лишь о сильном эксплозивном извержении, произошедшем около 1760 г., на основе рапорта И. Черного [30]. Реконструкция активности вулкана Пик Сарычева в голоцене проведена в недавнем исследовании на основе серии разрезов почвенно-пирокластического чехла, выполненных в восточной части острова [2, 29]. Было выявлено, что современный стратовулкан Пик Сарычева имеет очень молодой возраст — около 500—600 лет, и с началом его формирования произошла смена извергаемых продуктов с андезитов на андезибазальты [2].

Интенсивный вулканизм в значительной мере определяет природу о-ва Матуа; только за последнее столетие существенные и сильные извержения произошли в 1928, 1930, 1946, 1976 и 2009 гг. По характеру извержения вулкана — эксплозивные, иногда эффузивно-эксплозивные; продукты извержения — андезибазальты. В июне 2009 г. произошло крупное извержение, в ходе которого преимущественно пирокластическими потоками и волнами, а также лавовыми потоками и лахарами был уничтожен растительный покров северо-западной половины острова (на площади около 25—30 км²). Природные условия острова, а также особенности воздействия на экосистемы последнего мощного извержения 2009 г. рассмотрены в недавно опубликованных статьях [8, 9, 13—16, 21, 29, 31, 38].

Краткие данные об истории освоения острова. Эти данные весьма схематичны. Небольшое поселение курильцев существовало столетиями на юго-восточной окраине острова; люди занимались охотой на морского зверя и собирательством [28, 30, 35]. Первое краткое описание острова дал казачий сотник И. Черный по результатам плавания 1767 г. [30]. В его сообщении важно упоминание о недавнем мощном извержении, которое произошло незадолго до посещения казаков (по-видимому, около 1760—1765 гг.). В первые десятилетия XX в. японцы организовали постоянное пребывание на острове. В 1917 г. ими была издана первая детальная топокарта о-ва Матуа. Японцы находились на острове до 1945 г.; они зафиксировали несколько вулканических событий: наиболее сильным из них было извержение 1930 г. В годы Второй мировой войны на Матуа был развернут крупный контингент японских войск (на момент капитуляции в августе 1945 г. там находилось около 4 тыс. японских военнослужащих) [33, 34], был построен аэродром с бетонным покрытием и другие долговременные сооружения. После капитуляции на острове были размещены советские воинские части [33]. Сильное извержение в ноябре 1946 г. вызвало эвакуацию людей; есть данные очевидцев, что на рейде стояло 5 крупных судов, которые принимали эвакуирующихся [34]. Извержение наблюдал известный российский географ А. Г. Исаченко, находивший-

ся на проходящем вдоль Курил судне (личное сообщение). После событий 1946 г. гарнизон острова был существенно сокращен. В 1970—1980-е гг. на Матуа находилось до 200 военнослужащих, а также сотрудники метеостанции. Эвакуация на 2 судна проводилась и в ходе умеренного извержения осенью 1976 г. [1], готовились к ней и при небольшом эруптивном событии 1978 г. [11]. Постоянное пребывание людей на Матуа закончилось в 2000 г., поэтому крупное извержение 2009 г. никому не представляло угрозы (в ином случае эвакуация людей, вероятно, также бы состоялась).

Материал и методика. Данные о динамике среды острова под влиянием вулканизма собраны автором в ходе полевых работ на о-ве Матуа в августе 2010 г., а также в результате анализа изменений среды — в первую очередь на основе изучения архивных аэрофотоснимков и топокарт, а главное — современных спутниковых изображений последних лет, включая снимки высокого разрешения, выполненные в 2009—2017 гг. В ходе полевых работ на о-ве Матуа было выполнено несколько десятков прикопок отложений извержения 2009 г., а также почвенно-пирокластического чехла, отражающего последние столетия развития экосистем восточной части острова. Характеристика растительного покрова выполнялась в ходе серий геоботанических описаний (всего 74 ед.), с определением размеров ольховника (*Duschekia kamtschatica*) — доминанта древесной растительности острова, а также его состояния, включая повреждения (абразия, опаливание, обугливание коры, усыхание побегов и др). Это было особо важно, поскольку во многих случаях ольховник был индикатором масштабов и интенсивности вулканического воздействия.

Основные формы вулканического воздействия на экосистемы острова (на примере извержения 2009 г.). Очевидцев сильного извержения в июне 2009 г. на о-ве Матуа не было. Изучение последствий этого извержения, а также данных, хотя и неполных, по нескольким другим сильным и умеренным извержениям XX в. показало, что к основным формам современной вулканической активности вулкана Пик Сарычева можно отнести: пирокластические потоки и волны, лавовые потоки, пепло- и бомбопады, а также лахары.

Пирокластические потоки. Выпадающая из эруптивной колонны огромная масса пирокластике формировала на склоне вулкана пирокластические потоки, находившие себе путь по понижениям рельефа. Основные трассы сходов потоков четко фиксируются по спутниковым изображениям ASTER TIR, снятым в инфракрасном диапазоне [8]. Основных трасс можно насчитать 13, большинство из них проходит в пределах сектора, ограниченного азимутами 190—80°, радиально от кратера вулкана [43]. Крупные пирокластические потоки, возможно многократно сходящие, привели к перекрытию подножий вулкана Пик Сарычева толщами высокотемпературных отложений. В секторах наиболее мощных отложений сформировалась новая суша, в результате чего береговая черта отодвинулась на расстояние до 400 м от прежней береговой линии. Особо мощные толщи были выражены на трех участках: на юго-западном, северо-западном и северо-восточном подножиях вулкана. Другие многометровые толщи были распределены веером по побережью и нижним частям русел (вдоль трасс схода пирокластических потоков). Выше по руслам мощность отложений падает. Судя по космofотоснимкам и наземным наблюдениям, трассы прохождения пирокластических потоков имеют ширину до нескольких десятков метров. Общая площадь существенных отложений потоков на суше может быть оценена величиной около 13—15 км².

Приблизительно такая же территория была перекрыта маломощными (условно — до 1 м) отложениями пирокластических потоков и волн, также тефрой, которая в виде лапилли и бомб выпала на склоны конуса. На спутниковом снимке 2015 г. [43] склоны конуса вулкана вплоть до побережий перекрыты отложениями потоков и волн (коричневого цвета). Существенная доля материала потоков отложилась в море. Важно отметить, что пирокластические потоки сходили и по юго-восточным склонам вулкана до высоты приблизительно 400 м в сторону обжитой части острова, где с древних времен по настоящее время проявляется активность людей.

Пирокластические волны. Пирокластические потоки сопровождалась пирокластическими волнами. Районы действия волн четко маркируются зарослями погибшего ольховника. Крупные участки погибших зарослей остались в северо-восточном и северном секторах, а также на юго-восточном склоне вулкана. По степени воздействия на заросли ольховника и по распределению отложений стало возможным индцировать масштабы и интенсивность прохождения волн, а также судить о температуре раскаленных газво-песчаных шквалов. По основательно «обработанным» ветвям с опаленной, ошкуренной и даже абразированной древесиной можно видеть ясно выраженный ряд (диапазон) интенсивности воздействия. Температура волны была недостаточна для возгорания или обугливания ветви вкруговую, и не превышала, видимо, 200—250°. На участках максимально интенсивного воздействия (ближе к трассам прохождения пирокластических потоков) останки ветвей редуцированы максимально: из грунта видны короткие, до 0.5 м длиной, остроконечные «штыри». По мере удаления от трасс размеры остатков ветвей увеличиваются, а степень абразии уменьшается. Наконец, в этом ряду появляются целые, внешне неповрежденные ветви, однако кора может быть повреждена или иметь следы термического поражения (подпалины на коре) со стороны воздействия [13, рис. 12]. Далее наблюдались зоны мертвого ольховника без каких-либо внешних повреждений. Предположительно, здесь происходило умеренное термическое (при температуре ниже 100°) и, возможно, химическое воздействие — непосредственно через кору растений и/или почву. Отложения пирокластических волн сравнительно маломощные: как правило, в зоне погибших стлаников, около 5—15 см. Древесная растительность погибла под действием волн на площади ~5 км².

Лахары. Лахары образовались в результате воздействия раскаленных масс пирокластике и пирокластических волн на снежный покров, что привело к формированию водногрязекаменных потоков. В августе 2010 г. удалось кратко обследовать последствия прохождения четырех лахаров, сошедших по склонам юго-восточного сектора вулкана [9]. Наиболее полно их характерные черты и свойства были выражены на самом крупном из них, длина которого в зоне транзита и аккумуляции достигала 4 км.

Судя по спутниковому снимку от 31.05.2009 г., перед извержением до 3/4 снежного покрова вулкана располагалось на склонах его юго-восточной половины. Ширина снежников достигала 400 м, длина доходила до 2 км, а в одном случае — до 3 км. Суммарный запас снега в зоне схода данного лахара к началу извержения был около 0.7 млн м³. При высокой или максимальной плотности тающего снега запас воды в этой зоне мог достигать 0.4—0.5 млн м³ [9].

Полевые наблюдения 2010 г. показали, что фронтальные части шлаковых пирокластических потоков, сформированных окатанными темными андези-

то-базальтовыми валунами, узкими полосами достигли высоты 400 м, перекрыв снежники на склоне и в русле. Маломощный шлейф пирокластики на окраинных, наиболее низких точках схода лишь едва обжигал древесину ольховника, но успешно растопил снег. Сформировавшаяся селевая масса состояла, очевидно, как из свежих вулканических продуктов (тефры, отложений пирокластических потоков и волн), так и ранее извергнутых вулканитов, покрывавших склоны конуса, а также находящихся в зоне транзита лахара. В зоне питания и верхней зоне транзита, где угол падения превышал 15° , лахар разогнался до большой скорости, что увеличило его разрушительную силу. Масса потока сдирала рыхлый грунт, почвенный и растительный покровы, обнажая местами склоны до скальных (лавовых) выходов. Если в верхней, «горной» части зоны транзита высота заплесков не превышала 3—6 м над современным дном русла, то в местах поворотов русла высота заплесков взлетала до 10—15 м. Подвергшиеся воздействию склоны и деформированные останки древесной растительности (состоявшие здесь почти исключительно из зарослей ольхового стланика) являются четким индикатором интенсивности воздействия лахара. В норме саблевидно изогнутые ветви-стволы ольховника, достигающие здесь 4—5 м в высоту и до 15—20 см в основании стволов, наклонены вниз по склону. После прохождения лахара ветви были ободраны (ошкурены, древесина абрадирована) и все единообразно развернуты на 90° по течению ручья.

Поток перенес и отложил оценочно около 0.3—0.4 млн м^3 твердого материала — преимущественно представленного слабосвязанным шлаком, мелкоземом и мелкими глыбами. Основная масса материала лахара отложилась в зоне аккумуляции (высота 50—110 м над ур. м.), почти достигнув территории аэродрома. Лахар уничтожил стланиковую и частично луговую растительность в русле ручья и на пологой равнине, где растеклись веером отложения конуса выноса потока. Общая площадь территории, на которой растительность погибла в результате схождения крупнейшего лахара, — около 0.2 км^2 , а четырех обследованных лахаров — 0.3 км^2 .

Лавовые потоки 2009 г. были обнаружены автором в северо-восточном секторе вулкана на снимках, сделанных с борта Международной космической станции (МКС) 17 и 18 июня 2009 г. [8, 15]. Выявлены два потока, истоки которых почти сливаются. Северо-восточный лавовый поток пошел по глубокой ложбине, возможно, предварительно заполненной отложениями пирокластических потоков, и закончил свое продвижение на абсолютной высоте около 240 м. Второй (северный) поток завершил свое продвижение на абсолютной высоте около 410 м. С поправкой на среднюю крутизну склонов (28°) конуса вулкана Пик Сарычева длина потоков — около 2.4 и 2.7 км. Ширина потоков — 100—150 м, с локальными расширениями. Площадь потоков составила около 0.8 км^2 . Летом 2010 г. один из них (северо-восточный) удалось обследовать в районе его языка. Лавовый поток уничтожил заросли ольховника на площади 3—4 га. Специфика лавовых потоков современного конуса вулкана Пик Сарычева состоит в том, что из-за рельефа кратерной зоны потоки стекают от кратера по всем направлениям, кроме юго-восточного склона, который таким образом защищен от данной опасности.

Пеплопад. Пеплопад умеренной силы вне конуса был небольшим: мощность отложений по измерениям автора составила от 1—2 см на юго-восточной окраине острова и до 3—4 см на юго-восточном склоне вулкана (высота ~500 м). Тефра была представлена коричневым и темно-серым тонким пеп-

лом [17]. Основная масса тефры, по-видимому, выпала за пределами острова. В этих условиях пеплопад, как отмечали участники летних экспедиций 2009 г., не наносил существенного ущерба как травяной, так и стланиковой растительности.

В результате извержения 2009 г. погибли или были погребены экосистемы на территории, занимающей более половины площади острова. Часть территории, перекрытой многометровыми отложениями лавовых и пирокластических потоков, превратилась в вулканический бедленд. Восстановление экосистем на этом ювенильном субстрате до состояния, соответствующего зональному положению, потенциально может занять время до нескольких столетий. Заросли ольховника, погибшие под воздействием пирокластических волн, в основном восстанавливаются на большинстве участков в течение полувека. Достаточно быстро (за несколько десятилетий) зарастут и отложения лахаров, однако состояние зарослей (размеры, структура куртин и характер их смыкания, флористический состав нижних ярусов) и неразвитый почвенный покров будут долго свидетельствовать о недавнем происхождении этих растительных сообществ.

Новые данные о факторах угроз. Газовые эмиссии. На фотоснимках, сделанных участниками экспедиции 2007 г. на о-ве Матуа, автор обнаружил в поясе зеленого ольховника резко выделяющуюся бурым цветом зону, расположенную на юго-восточном склоне. Возникло предположение, что зона состоит из крупного массива зарослей усохшего ольхового стланика, однако было неясно, с чем связано это явление. Предварительный анализ показал, что в вулканическом районе гибель древесной растительности могла быть вызвана рядом (до 7—8) причин [12]. По измерениям на фото со спутника ALOS от 04.07.2007 г. выявлены два массива пострадавшего ольховника, суммарной площадью около 1.5 км². Первый массив достаточно ясно выделялся на юго-восточных отрогах вулканического сооружения (высотный интервал — 200—450 м над ур. м., протяженность по склону ~1.5 км, глубина ~0.7 км), второй — менее четко на северо-восточном склоне (в результате извержения 2009 г. вся растительность этого склона погибла под воздействием пирокластических волн). Между сплошь погибшими и живыми зарослями выражена переходная зона. Протяженность по склону зоны полного и частичного поражения древесной растительности достигала около 5 км.

Изучение серии спутниковых фотографий позволило установить, что зона поражения появилась в 2007 г. В августе 2010 г. растительность юго-восточного склона вулкана была обследована. В зоне предполагаемого воздействия (в поясе стлаников) древесная растительность действительно оказалась погибшей. Изучив совокупность имеющихся данных, можно прийти к выводу, что гибель ольховника, наиболее вероятно, произошла вследствие воздействия вулканических газов, а именно сернистого газа SO₂. При окислении этого газа образуется серный ангидрид. Последний, смешавшись с туманом или слоем низко лежащих облаков, образовал аэрозольное облако серной кислоты (или кислотный дождь в условиях морозящих осадков). Это привело к тяжелым ожогам и сплошным некрозам листов ольховника. Вероятно, также была подкислена почва. Редкая комбинация особо мощного и/или длительного выброса газа, безветрия и густого тумана (низкой облачности), вероятнее всего, стала причиной образования аэрозольного облака H₂SO₄, погубившего заросли ольхового стланика. Подтверждением реальности газовых выбросов служит то, что в августе 2010 г. на юго-восточных склонах вулкана, в поясе шла-

ковых отложений выше 700 м над ур. м. постоянно встречались растения со следами химического поражения. Резкий запах SO_2 можно было ощущать и на высоте менее 400 м, оказавшись на наветренном склоне в период интенсивной газовой эмиссии из кратера вулкана.

Воздействия вулканических газов на растительность — явления, сравнительно редко фиксируемые в ненаселенных районах [12]. Необходимым условием воздействия является относительная близость источника эмиссии газов к растительности. Измерения, выполненные по спутниковым снимкам для 12 активных вулканов Камчатки и Курил, постоянно выбрасывающих газы, показали, что на вулкане Пик Сарычева одно из минимальных расстояний между кратером и зарослями ольховника (по горизонтали — 2.5 км, по вертикали — около 1 км).

Особо высокие эруптивные колонны. По спутниковым данным сахалинские вулканологи [31, 38] получили информацию по высоте эруптивных колонн извержения 2009 г.: она составляла от 3 до 21 км, 13 из 23 колонн достигли или превысили 10 км. По данным наземной и космической съемки (фото с борта МКС и изображения, полученные системой MODIS со спутника TERRA) автору удалось измерить высоту 3 колонн, 2 выбросов и 1 пеплового облака: полученные данные существенно, в 1.5—2 раза, превысили данные сахалинцев. Так, колонна на знаменитом снимке [8, рис. 1], сделанном с борта МКС 12 июня 2009 г. в 22:15 (UTC), имеет высоту не 5 км, а около 10 км (это значение было получено автором и по наземным фотоснимкам, и по снимкам с МКС; при обработке последних высота рассчитывалась по размерам тени от эруптивной колонны).

Периодичность сильных извержений. Известные сильные извержения. Извержение 2009 г. было определено как сильное, но с большим разбросом оценок объема отложений: от 0.08 км³ (без учета разноса тефры над морем) [42] до более 0.4 км³ [21, 38]. Автор данной статьи с коллегой-вулканологом оценили объем величиной 0.1—0.2 км³ [14]. Отметим, что при объеме извергнутых пирокластических материалов 0.1—1 км³ извержение соответствует уровню VEI 4, от 0.01 до 0.1 км³ — VEI 3 [37].

Хуже ситуация с оценкой извержения 1946 г.: по нему, по-видимому, уже не обнаружить данных по распределению отложений, поскольку они перекрыты отложениями 2009 г. (и в какой-то мере отложениями 1976 г.). Отложения пирокластических потоков 1946 г. были столь мощными, что Г. С. Горшков отметил, что эти отложения в 1954 г. были горячими и на них действовали фумаролы [7]. Очевидцы сообщали не только об интенсивном пеплопаде, но и о бомбопаде. Так, сообщалось о пробитых крышах и подожженных домах [5]. Бомбы улетали и за пределы острова, падая в море у юго-восточного побережья. Несмотря на то что не было сообщений о пострадавших людях, извержение представлялось на месте столь опасным, что была организована срочная массовая эвакуация на пяти крупных судах [34].

Данные об извержении 1946 г. приведены в работах Г. С. Горшкова, включая сводку [7]. Надо заметить, что одновременно с книгой [7] (опубликованной в 1970 г. и на английском языке) вышла монография Е. К. Мархинина [23]. Изучая эффект недавних извержений, последний отметил в 1960 г., что конус вулкана Пик Сарычева свободен от растительности, а местами на нижних склонах конуса ольховник сожжен или опален [22] (ситуация очень похожа на состояние конуса после извержения 2009 г.). Очевидно, это были последствия сильного извержения 1946 г. Е. К. Мархинин был единственным

специалистом, давшим оценку объема отложений этого извержения на основе полевых исследований — не менее 0.5 км^3 [23]. Таким образом, оно соответствовало VEI 4; такая же оценка была зафиксирована и в авторитетной сводке [39]. Тем не менее в недавних работах [18, 19] это извержение отнесено к уровню VEI 3 (как и извержение 2009 г.), причем без каких-либо обоснований. Автор данной статьи, изучив динамику рельефа побережий по архивным картам и аэрофотоснимкам, а также спутниковым снимкам, нашел объективное подтверждение тому, что извержение 1946 г. было сильным, сходным с извержением 2009 г. по масштабам распределения отложений пирокластических потоков (эти материалы будут опубликованы отдельно). Таким образом, извержение 1946 г. с высокой степенью вероятности соответствовало VEI 4.

Предполагаемые сильные извержения. По тем же принципам, на основании изучения рельефа береговой линии на архивной японской топокарте масштаба 1:50 000, выпущенной в 1917 г., было выявлено, что этот рельеф включает в себя заполнение ряда бухт переотложенным материалом (наиболее вероятно, пирокластических потоков, как это произошло в 2009 г.). Это означает, что незадолго до топосъемки, приблизительно на рубеже XIX—XX вв., произошло сильное извержение, аналогичное по масштабу извержениям 1946 и 2009 гг. К сожалению, другой информации об этом событии нет, поэтому оно остается в статусе предполагаемого. Свидетелей этого извержения, по-видимому, не было.

В результате анализа архивных материалов, полученных начиная с 1917 г. (японские топокарты, аэрофотоснимки, включая снимки 1944 г., сделанные с бомбардировщиков ВВС США), получены данные по динамике высотного положения верхней границы древесной растительности на юго-восточном склоне вулкана. Зафиксировано сильное снижение верхней границы древесной растительности: примерно до 250 м над ур. м. (на 1917 г.), вместо потенциально возможных 1000 м. Это соответствовало отступлению по горизонтали на расстояние около 3 км. Выявленные параметры смещения границы древесной растительности являются признаками масштабного поражения экосистем. Японский геоботаник М. Татеваки, побывавший на острове в 1929 г., отметил, что его растительные сообщества выглядят как недавно образованные [41]. В течение последующих (после 1917 г.) 90 лет древесная растительность быстро восстанавливалась, ее верхняя граница достигла примерно 650 м над ур. м. в 2007 г. Однако в этот период граница, весьма вероятно, снижалась под воздействием извержения 1946 г. Несомненно, разрушительное событие, которое столь радикально снизило верхнюю границу древесной растительности и вызвало уничтожение растительности на большом протяжении юго-восточной части острова, было крупным извержением. Могло ли к нему иметь отношение сильное извержение, произошедшее около 1760 г., о котором упоминал в своем рапорте И. Черный [30]? Вряд ли, поскольку за полтора столетия, к 1917 г., растительный покров в ходе вторичной сукцессии в значительной мере восстановился бы (чему примером восстановление в интервале 1917—2007 г.). Можно полагать, что сильное извержение произошло во второй половине XIX в. Этот вопрос требует исследования, в основном изучения разрезов почвенно-пирокластического чехла и новых датировок погребенной органики; в определенной степени может помочь изучение структуры зарослей ольховника. Важно, что первые датировки уже получены в работе Н. Г. Разжигасовой и др. [29]: наиболее вероятная дата разрушительного события — 1870 г. (± 50 лет). Предполагаемые воз-

действия этого извержения, погубившие древесную растительность: сильный пеплопад с осью отложений, ориентированной на юго-восток (?), а также, возможно, пирокластические потоки и волны. О последних данных нет, но учитывая, что потоки и волны сопровождали все достаточно крупные эруптивные события последнего столетия, можно допустить, что они присутствовали и в ходе извержения ~1870 г.

В ходе полевых работ 2010 г. автор данной статьи проследил отложения тефры мощного извержения (которое произошло, по всей видимости, именно в ~1870 г.; ранее, до публикации [29], допускалось, что это могла быть тефра ~1760 г. [16]) в десятке разрезов почвенно-пирокластического чехла в юго-восточной половине острова. Отмечено, что на окраине острова мощность отложений составляет 13—25 см, ближе к вулкану мощность отложений тефры увеличивается; на высоте 200—300 м она может превышать 70 см, а на высоте 450—500 м — 1 м. Максимальный размер кусочков тефры в этих трех зонах — до 1—2, 2—5 и 5—8 см соответственно. Учитывая это распределение мощности тефры, а также весьма вероятный сход пирокластических потоков, это извержение было сильным (VEI 4). Детальные работы по идентификации и прослеживанию распространения данной тефры по территории острова могут способствовать выявлению параметров этого извержения и реконструкции его экологических последствий. Извержение стало катастрофой для биоты о-ва Матуа; по-видимому, именно оно уничтожило остатки зарослей кедрового стланика, сильно пострадавшие столетием ранее [10].

Закljučая раздел, отметим, что в течение последних приблизительно 150 лет произошло 4 сильных извержения (VEI 4), с интервалами около 30—60 лет между ними. В интервалах также происходили извержения VEI 1—3, вплоть до достаточно сильных (в 1930, 1976 гг.). Столь интенсивной вулканической деятельности не отмечено ни на одном другом из четырех десятков действующих вулканов Курильских островов (хотя в этот период происходили более крупные извержения — вулкана Севергина в 1933, Алаида в 1981 г.).

Обсуждение. Существенным аспектом в изучении истории активности вулкана Пик Сарычева являются имеющиеся данные в рамках непосредственных наблюдений и подготовленных отчетов по последствиям извержений очень краткие, неполные и нередко противоречивые. Второе существенное обстоятельство — история активности в современный период развития вулкана (последние ~500 лет) пока реконструирована лишь частично, по датировкам отложений тефры в отдельных разрезах, заложенных на юго-восточной окраине острова. Здесь зафиксированы отложения тефры самых крупных извержений, некоторые из них датированы [2, 29], однако провести изопакиты (изолинии мощности отложений тефры) и вычислить объем отложений по этим ограниченным данным пока нельзя. При этом из учета выпадают сильные извержения, подобные событиям 1946 и 2009 гг., не оставившие существенных отложений тефры. Кроме того, распределение отложений тефры изучено по ограниченным данным — только тем, что выявлены на суше в юго-восточной части острова; объем отложений в море лишь оценочный. Таким образом, задача реконструкции масштаба крупных извержений и их периодичности пока не решена.

Имеющиеся данные и оценки для последних ~150 лет говорят о том, что частые сильные извержения несут высокий и не вполне предсказуемый разрушительный потенциал. Наиболее опасная комбинация природных условий,

которая может привести к катастрофическим последствиям, — особо высокие эруптивные колонны, сильный северо-западный ветер, период со значительным снежным покровом.

Возникновение высоких и особо высоких эруптивных колонн повышает угрозу схождения пирокластических потоков и волн — опаснейших вулканических явлений. При неблагоприятном стечении обстоятельств они могут повлечь почти внезапные масштабные разрушения на острове и в прилегающей акватории, гибель всего живого в зоне их воздействия [13]. По имеющейся статистике, за последние 500 лет именно от воздействия этих разрушительных явлений погибло наибольшее число людей в прилегающих к вулканам районам мира [40]. Отметим, что высота эруптивных колонн является одним из признаков, определяющих силу эксплозивных извержений, отраженную в показателе VEI (volcanic explosivity index) [37]. Хотя прямой связи между высотой колонн и мощностью низвергающихся с них пирокластических потоков нет, предпосылки для образования таких потоков и волн возрастают; возможно также вырастает потенциал их разрушительной силы. В ходе пяти других сильных извержений на курильских вулканах (Пик Сарычева в 1946 г.; Алаид в 1972, 1981 гг.; Тятя в 1973 г.; Чикурачки в 1986 г.) не зафиксирована высота выбросов более 10 км (см., например, данные для вулкана Чикурачки [4, 26]). Таким образом, большая высота эруптивных колонн, зафиксированная в ходе извержения 2009 г., и, вероятно, потенциально возможная у будущих сильных извержений — показатель повышенной угрозы экосистемам, инфраструктуре и населению острова.

То, что в ходе недавних существенных и сильных извержений (в 1976, 1946 и, вероятно, в 1930, 1928 гг.) большинство отложений пирокластических потоков и волн оказались, как и в 2009 г., вне юго-восточной части острова, — закономерность, определяемая рельефом зоны кратера. Возможно, к этому добавилась благоприятная ситуация с направлением ветра. Сильный северо-западный ветер, вероятно, воздействовал бы на эруптивные колонны и часть пирокластических потоков пошла бы по юго-восточным склонам. Отчасти это и произошло в 2009 г., когда отдельные потоки и сопровождающие их волны по этим склонам спустились до 400 м над ур. м. (а местами и ниже). Скорее всего, подобное происходило и в 1946 г., но было интерпретировано случайными очевидцами как лавовые потоки [5; 34, с. 115]. Не исключено, что то же самое произошло в ходе извержения ~1760 г., поскольку оно описывалось по рассказам туземцев как «сопка ... в недавних годах преужасно горела» [30, с. 135] (что подразумевает, вероятно, некую огненную стихию, а не обычный, хотя и интенсивный пеплопад).

Помимо непосредственно разрушительного действия пирокластических потоков и волн, выпадение горячей пирокластики на снег может приводить к образованию лахаров. Лахары обладают опасным разрушительным потенциалом вследствие непредсказуемости возникновения и высокой скорости их вторжения в освоенные человеком зоны подножий вулканов. В худшем варианте сочетание обильного покрова тефры, выпавшей на мощный снежный покров, расплавленный затем высокотемпературными пирокластическими потоками и волнами, может образовать особо мощные лахары. По крайней мере один из них может пройти по пути наиболее крупного лахара 2009 г. и привести к перекрытию грязекаменными отложениями взлетно-посадочной полосы и примыкающей территории, включая дороги, а также к полному или частичному погребению и разрушению сооружений, коммуникаций и техни-

ки. Расчистка и удаление отложений такого крупного лахара может потребовать больших усилий и длительный период работы тяжелой техники.

Немало усилий потребует и частичное удаление отложений тефры. Последняя может переотлагаться под действием ветра, оказывая абразивное воздействие на технику, и пылить, воздействуя на здоровье людей. Электрризация, возникающая при выпадении пепла, может вывести из строя электронику. Крайне негативно пеплопад повлияет на состояние используемой на острове воды; длительный период она может быть непригодна по химическому составу и минеральным взвесям [25]. Таким образом, экосистемы острова могут сильно пострадать: погибнуть (биота) либо быть погребены (почва), либо нарушены, загрязнены и непригодны для использования (водотоки). Сильное извержение может преобразить ландшафт. К сплошному покрову снега в холодное полугодие добавится летний вид мертвых зарослей ольховника с черным шлаком под ними; это может угнетающе действовать на людей, проживающих на острове круглогодично.

Последствия крупного разрушительного извержения могут быть признаны катастрофическими, восстановление базы нерациональным, постоянное пребывание людей — вредным для здоровья и, возможно, опасным. Такова отчасти была судьба крупнейшей зарубежной базы ВМС США в Субик-Бей, Филиппины (более 20 000 чел. персонала только из местного населения), которую парализовал пеплопад вулкана Пинатубо в 1991 г. (15—30 см отложений). Были разрушены коммуникации, не было воды и электричества [36]. На многих складах и ангарах (108 зданий) под тяжестью пепла провалились крыши, были человеческие жертвы. Весь американский контингент с семьями (22 000 чел.) был эвакуирован на авианосцах; рассматривался вопрос о закрытии базы.

Какова вероятность реализации перечисленных вулканических угроз в ходе новых сильных извержений? К сожалению, достоверного прогноза для вулканических извержений в настоящее время получить невозможно; будущая активность вулканов пока остается слабо предсказуемой. Очевидно, что с обеспечением безопасности в столь беспокойном месте, как непосредственные окрестности активнейшего вулкана Курил, лучше перестраховаться. В связи с этим необходимо продолжать углубленное изучение истории развития вулкана и экосистем острова, вести мониторинг текущей вулканической активности, учитывать рекомендации вулканологов по инженерной защите освоенной территории, зданий и важных объектов, а также созданию убежищ для людей, разработать планы надежной и быстрой эвакуации в угрожающей ситуации.

Заключение. Судя по динамике извержений в последние полтора столетия, в ближайшие 30—50 лет может произойти новое сильное извержение, наиболее опасным следствием которого может быть сход пирокластических потоков и волн по юго-восточному склону вулкана Пик Сарычева. Высокотемпературные отложения этих потоков и волн, выпавшие на снежный покров, могут привести к формированию крупных лахаров, которые могут достичь освоенной зоны юго-восточной части о-ва Матуа. Интенсивный пепло- и бомбопад в восточной половине острова также не исключен. Перечисленные формы воздействия (пирокластические потоки и волны, лахары, пепло-бомбопад) могут представлять угрозу людям, технике, инфраструктуре и экосистемам острова. Особую, малоизученную опасность представляют газовые эмиссии вулкана, которые вследствие концентрации газовой-аэрозольных об-

лаков у подножия вулкана могут образовывать зоны поражения для людей (а также биоты в целом) и повреждать уязвимую технику.

Отдельные положения статьи обсуждались с И. В. Мелекесцевым, Н. Г. Разжигаевой, А. Б. Белоусовым, А. Ю. Озеровым, которым автор выражает признательность.

Список литературы

- [1] Андреев В. Н., Шанцер А. Е., Хренов А. П. и др. Извержение вулкана Пик Сарычева в 1976 г. // Бюл. вулканол. станций. 1978. № 55. С. 35—40.
- [2] Арсланов Х. А., Мелекесцев И. В., Разжигаева Н. Г. и др. Возраст почвенно-пирокластического чехла и хронология вулканической активности на о-ве Матуа (Центральные Курилы) в голоцене // Квартер во всем его многообразии. Фундам. пробл., итоги изуч. и осн. направл. дальн. исслед. Апатиты; СПб., 2011. Т. 1. С. 44—46.
- [3] Базанова Л. И., Брайцева О. А., Мелекесцев И. В. и др. Потенциальная опасность от извержений Авачинского вулкана // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский: ИВГиГ ДВО РАН, 2001. С. 390—407.
- [4] Белоусов А. Б., Белоусова М. Г., Гришин С. Ю. и др. Исторические извержения вулкана Чикурачки (о-в Парамушир, Курильские острова) // Вулканол. и сейсмол. 2003. № 3. С. 15—34.
- [5] Главацкий С. Н., Ефремов Г. К. Извержение вулкана Пик Сарычева в ноябре 1946 года // Бюл. вулканол. ст. на Камчатке. М.: Изд-во АН СССР, 1948. № 15. С. 8—12.
- [6] Горшков Г. С. Вулкан Пик Сарычева // Бюл. вулканол. ст. на Камчатке. 1948. № 15. С. 3—7.
- [7] Горшков Г. С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
- [8] Гришин С. Ю. Воздействие на окружающую среду мощного извержения вулкана Пик Сарычева (Курильские острова, 2009 г.) по данным космической съемки // Исследование Земли из Космоса. 2011. № 2. С. 92—96.
- [9] Гришин С. Ю. Лахары на вулкане Пик Сарычева (Курильские острова) при извержении 2009 г. и их воздействие на окружающую среду // Геориск. 2012. № 4. С. 56—63.
- [10] Гришин С. Ю. Кедровый стланик на острове Матуа (Курилы): факторы его выпадения из растительного покрова в XVIII в. и пути появления в XXI в. // Изв. РГО. 2012. Т. 144, вып. 4. С. 51—63.
- [11] Гришин С. Ю. Новые сведения об исторических извержениях вулкана Пик Сарычева (Курилы) // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 5. С. 151—153.
- [12] Гришин С. Ю. Поражение древесной растительности на острове Матуа (Курилы, 2007 г.) под воздействием газовой эмиссии вулкана Пик Сарычева // Вестн. КРАУНЦ, Сер. Науки о Земле. 2013. № 1. С. 66—76.
- [13] Гришин С. Ю. Высокотемпературные пирокластические потоки и волны — явления вулканических извержений, особо опасные для экосистем // Геориск. 2014. № 4. С. 20—29.
- [14] Гришин С. Ю., Гирина О. А., Верещага Е. М. и др. Мощное извержение вулкана Пик Сарычева (Курильские острова, 2009 г.) и его воздействие на растительный покров // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 3. С. 40—50.

- [15] *Гришин С. Ю., Мелекесцев И. В.* Лавовые потоки (извержение 2009 г.) вулкана Пик Сарычева (центральные Курилы) // *Вестн. КРАУ НЦ. Сер. Науки о Земле.* 2010. № 1. С. 232—239.
- [16] *Гришин С. Ю., Терехина Н. В.* Растительный покров острова Матуа (Курильские острова) // *Комаровские чтения. Вып. 59. Владивосток, 2012.* С. 188—229.
- [17] *Дегтерев А. В.* Пирокластические отложения извержения вулкана Пик Сарычева (о. Матуа) в июне 2009 г. // *Вулканол. и сейсмол.* 2011. № 4. С. 60—68.
- [18] *Дегтерев А. В.* История эруптивной деятельности вулкана Пик Сарычева в голоцене (о. Матуа, Центральные Курильские острова). Автореф. ... канд. геол.-минер. наук. Владивосток, 2013. 28 с.
- [19] *Дегтерев А. В., Рыбин А. В., Разжигаева Н. Г.* Исторические извержения вулкана Пик Сарычева (о. Матуа, Курильские острова) // *Вестн. КРАУ НЦ. Сер. Науки о Земле.* 2011. № 1. С. 102—119.
- [20] *Иванов А. Н., Беляев Ю. Р., Луговой Н. Н. и др.* Опасные природные процессы на острове Матуа (Центральные Курилы) // *Геориск.* 2017. № 4. С. 28—39.
- [21] *Левин Б. В., Рыбин А. В., Разжигаева Н. Г. и др.* Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева—2009» (Курильские острова) // *Вестн. ДВО РАН.* 2009. № 6. С. 98—104.
- [22] *Мархинин Е. К.* Вулкан Сарычева // *Бюл. вулканол. ст.* 1964. № 35. С. 44—58.
- [23] *Мархинин Е. К.* Роль вулканизма в формировании земной коры: на примере Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 256 с.
- [24] *Мелекесцев И. В., Двигало В. Н., Кирьянов В. Ю. и др.* Вулкан Эбеко (Курильские о-ва): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 2. // *Вулканол. и сейсмол.* 1993. № 4. С. 24—41.
- [25] *Мелекесцев И. В., Карташева Е. В., Кирсанова Т. П. и др.* Загрязненная свежеспаавшей тефрой вода как фактор природной опасности (на примере извержения вулкана Корякский, Камчатка, в 2009 — 2009 гг.) // *Вулканол. и сейсмол.* 2011. № 1. С. 19—32.
- [26] *Овсянников А. А., Муравьев Я. Д.* Извержение вулкана Чикирачки в 1986 г. // *Вулканол. и сейсмол.* 1992. № 5/6. С. 3—20.
- [27] *Певзнер М. М., Мелекесцев И. В., Пономарева В. В. и др.* Воздействие катастрофических эксплозивных извержений на природную среду (на примере вулкана Шивелуч) // *Изв. АН СССР, сер. географическая.* 1994. № 1. С. 75—85.
- [28] *Пташинский А. В.* Результаты археологических исследований на острове Матуа (Курильские острова) // *Россия и АТР.* 2011. № 3. С. 37—49.
- [29] *Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Арсланов Х. А. и др.* Запись палеогеографических событий позднеледниковья-голоцена в органогенных отложениях острова Матуа (Центральные Курилы) // *Тихоокеанская геология.* 2018. Т. 37, № 5. С. 48—64.
- [30] Русские экспедиции по изучению северной части Тихого океана во второй половине XVIII в. Сб. документов. М.: Наука, 1989. 400 с.
- [31] *Рыбин А. В., Чибисова М. В.* Эксплозивное извержение вулкана Пик Сарычева в июне 2009 года // *Вестн. Сахалин. обл. краевед. музея.* 2011. № 17. С. 288—302.
- [32] *Рыбин А. В., Чибисова М. В., Коротеев И. Г.* Проблемы мониторинга вулканической активности на Курильских островах // *Вестн. ДВО РАН.* 2010. № 3. С. 64—71.
- [33] *Славинский Б. Н.* Советская оккупация Курильских островов (авг.—сент. 1945 г.): Докум. исслед. М.: Лотос, 1993. 144 с.
- [34] *Смышляев А. А.* К тайнам туманных Курил. Петропавловск-Камчатский, 2006. 240 с.
- [35] *Сноу Г.* Записки о Курильских островах // *Краеведческий бюллетень.* 1992. № 1. С. 89—127.
- [36] *Branigin W. U. S.* Begins Philippine evacuation // *Washington Post.* 1991. 06. 17.
- [37] *Newhall C. G., Self S.* The Volcanic Explosivity Index (VEI): An Estimate of Explosive Magnitude for Historical Volcanism // *J. Geophys. Res.* 1982. 87 (C2): 1231—1238.

- [38] *Rybin A., Chibisova M., Webley P. et al.* Satellite and ground observations of the June 2009 eruption of Sarychev Peak volcano, Matua Island, Central Kuriles // *Bull. Volcanology*. 2011. Vol. 73. N 9. P. 1377—1392.
- [39] *Siebert L., Simkin T., Kimberly P.* *Volcanoes of the World: Third Edition*. University of California Press, 2011. 568 p.
- [40] *Tanguy G., Ribiere J.-C., Scarth A. et al.* Victims of volcanic eruptions: a revised database // *Bull. Volcanol.* 1998. Vol. 60. P. 137—144.
- [41] *Tatewaki M.* On the plant communities in the Island of Matsuwa in the Middle Kuriles // *Sapporo*. 1929. V. 11. Pt. 1. P. 25—30.
- [42] *Urail M., Ishizuka Y.* Advantages and challenges of space-borne remote sensing for Volcanic Explosivity Index (VEI): The 2009 eruption of Sarychev Peak on Matua Island, Kuril Islands, Russia // *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 2011.
- [43] <https://bestmaps.ru/map/yandex/hybrid/13/48.0895/153.2384>

Поступила в редакцию 10.08.2018 г.

После доработки 10.09.2018 г.

Принята к публикации 18.09.2018 г.

Dangerous volcanic impacts on the territory of the Matua Island (Middle Kuriles)

© *S. Yu. Grishin*

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia
E-mail: grishin@biosoil.ru, alaid@bk.ru

Assessments of the volcanic hazard for the territory of the Matua Island are based on incomplete data collected in a short observation period (less than 100 years), and therefore cannot reliably characterize the frequency and scale of hazardous events. In addition to the phenomena recorded during the strong eruption of the Sarychev Peak volcano in 2009 (and during a number of eruptions of the 20th century), which scale and range of impact on the nature of the island has not been sufficiently studied, new signs of potential hazards have been revealed. These are gas emissions that caused damage to woody vegetation in 2007, as well as data on the large-scale destruction of woody vegetation that occurred about 150 years ago. These can also include particularly high eruptive columns (the 2009 eruption). The high frequency of strong eruptions was revealed: during the last century and a half, 4 eruptions of the VEI 4 class occurred, not counting the smaller ones. During strong eruptions, a combination of unfavorable factors can develop suddenly and unpredictably, it will lead to devastating consequences in the south-eastern half of the island. In the aspect of the new colonization phase of the island, potential hazard may be represented by pyroclastic flows and surges on the southeastern slopes of the volcano, lahars, and the impact of strong gas emissions. A powerful ashfall can cause damage to ecosystems, including contaminating and poisoning accessible sources of water, damaging the infrastructure. The obtained data allow drawing a conclusion that in the next 30—50 years no part of the island can be considered safe.

Key words: natural hazards, volcano, eruptions, pyroclastic flows, lahars, gas emissions, ecosystems, Sarychev Peak, Kuril Islands.

References

- [1] *Andreev V. N., Shancer A. E., Hrenov A. P. i dr.* Izverzhenie vulkana Pik Sarycheva v 1976 g. // *Byul. vulkanol. stancij*. 1978. N 55. S. 35—40.
- [2] *Arslanov H. A., Melekesev I. V., Razzhigaeva N. G. i dr.* Vozrast pochvenno-piroklasticheskogo chekhla i hronologiya vulkanicheskoy aktivnosti na o-ve Matua (Cent-

- ral'nye Kurily) v golocene // Kvarter vo vsem ego mnogoobrazii. Fundam. probl., itogi izuch. i osn. napravl. dal'n. issled. Apatity; SPb., 2011. T. 1. S. 44—46.
- [3] *Bazanova L. I., Brajceva O. A., Melekescev I. V. i dr.* Potencial'naya opasnost' ot izverzhenij Avachinskogo vulkana // *Geodinamika i vulkanizm Kurilo-Kamchatskoj ostrovozdnoj sistemy*. Petropavlovsk-Kamchatskij: IVGiG DVO RAN, 2001. S. 390—407.
- [4] *Belousov A. B., Belousova M. G., Grishin S. Yu. i dr.* Istoricheskie izverzheniya vulkana Chikurachki (o-v Paramushir, Kuril'skie ostrova) // *Vulkanol. i sejsmol.* 2003. N 3. S. 15—34.
- [5] *Glavackij S. N., Efremov G. K.* Izverzhenie vulkana Pik Sarycheva v noyabre 1946 goda // *Byul. vulkanol. st. na Kamchatke*. M.: Izd-vo AN SSSR, 1948. N 15. S. 8—12.
- [6] *Gorshkov G. S.* Vulkan Pik Sarycheva // *Byul. vulkanol. st. na Kamchatke*. 1948. N 15. S. 3—7.
- [7] *Gorshkov G. S.* Vulkanizm Kuril'skoj ostrovnnoj dugi. M.: Nauka, 1967. 288 s.
- [8] *Grishin S. Yu.* Vozdejstvie na okruzhayushchuyu sredu moshchnogo izverzheniya vulkana Pik Sarycheva (Kuril'skie ostrova, 2009 g.) po dannym kosmicheskoy s"emki // *Issledovanie Zemli iz Kosmosa*. 2011. N 2. S. 92—96.
- [9] *Grishin S. Yu.* Lahary na vulkane Pik Sarycheva (Kuril'skie ostrova) pri izverzhenii 2009 g. i ih vozdejstvie na okruzhayushchuyu sredu // *Georisk*. 2012. N 4. S. 56—63.
- [10] *Grishin S. Yu.* Kedrovyy stlanik na ostrove Matua (Kurily): faktory ego vypadeniya iz rastitel'nogo pokrova v XVIII v. i puti poyavleniya v XXI v. // *Izv. RGO*. 2012. T. 144, vyp. 4. S. 51—63.
- [11] *Grishin S. Yu.* Novye svedeniya ob istoricheskikh izverzheniyah vulkana Pik Sarycheva (Kurily) // *Vestn. DVO RAN*. 2013. N 5. S. 151—153.
- [12] *Grishin S. Yu.* Porazhenie drevesnoj rastitel'nosti na ostrove Matua (Kurily, 2007 g.) pod vozdejstviem gazovoj ehmissii vulkana Pik Sarycheva // *Vestn. KRAUNC. Ser. Nauki o Zemle*. 2013. N 1. S. 66—76.
- [13] *Grishin S. Yu.* Vysokotemperaturnye piroklasticheskie potoki i volny — yavleniya vulkanicheskikh izverzhenij, osobo opasnye dlya ehkositem // *Georisk*. 2014. N 4. C. 20—29.
- [14] *Grishin S. Yu., Girina O. A., Vereshchaga E. M. i dr.* Moshchnoe izverzhenie vulkana Pik Sarycheva (Kuril'skie ostrova, 2009 g.) i ego vozdejstvie na rastitel'nyj pokrov // *Vestn. DVO RAN*. 2010. N 3. S. 40—50.
- [15] *Grishin S. Yu., Melekescev I. V.* Lavovye potoki (izverzhenie 2009 g.) vulkana Pik Sarycheva (central'nye Kurily) // *Vestn. KRAU NC. Ser. Nauki o Zemle*. 2010. N 1. S. 232—239.
- [16] *Grishin S. Yu., Terekhina N. V.* Rastitel'nyj pokrov ostrova Matua (Kuril'skie ostrova) // *Komarovskie chteniya*. Vyp. 59. Vladivostok, 2012. S. 188—229.
- [17] *Degterev A. V.* Piroklasticheskie otlozheniya izverzheniya vulkana Pik Sarycheva (o. Matua) v iyune 2009 g. // *Vulkanol. i sejsmol.* 2011. N 4. S. 60—68.
- [18] *Degterev A. V.* Istoriya ehruptivnoj deyatelnosti vulkana Pik Sarycheva v golocene (o. Matua, Central'nye Kuril'skie ostrova). Avtoref. ... kand. geol.-miner. nauk. Vladivostok, 2013. 28 s.
- [19] *Degterev A. V., Rybin A. V., Razzhigaeva N. G.* Istoricheskie izverzheniya vulkana Pik Sarycheva (o. Matua, Kuril'skie ostrova) // *Vestn. KRAU NC. Ser. Nauki o Zemle*. 2011. N 1. S. 102—119.
- [20] *Ivanov A. N., Belyaev Yu. R., Lugovoj N. N. i dr.* Opasnye prirodnye processy na ostrove Matua (Central'nye Kurily) // *Georisk*. 2017. N 4. S. 28—39.
- [21] *Levin B. V., Rybin A. V., Razzhigaeva N. G. i dr.* Kompleksnaya ehkspediciya «Vulkan Sarycheva—2009» (Kuril'skie ostrova) // *Vestn. DVO RAN*. 2009. N 6. S. 98—104.

- [22] *Marhinin E. K.* Vulkan Sarycheva // Byul. vulkanol. st. 1964. N 35. S. 44—58.
- [23] *Marhinin E. K.* Rol' vulkanizma v formirovanii zemnoj kory: na primere Kuril'skoj ostrovnnoj dugi. M.: Nauka, 1967. 256 s.
- [24] *Melekescev I. V., Dvigalo V. N., Kir'yanov V. Yu. i dr.* Vulkan Ehbeko (Kuril'skie o-va): istoriya ehruptivnoj aktivnosti i budushchaya vulkanicheskaya opasnost'. CH. 2. // Vulkanol. i sejsmol. 1993. N 4. S. 24—41.
- [25] *Melekescev I. V., Kartasheva E. V., Kirsanova T. P. i dr.* Zagryaznennaya svezhevy-pavshej tefroj voda kak faktor prirodnoj opasnosti (na primere izverzheniya vulkana Koryakskij, Kamchatka, v 2009—2009 gg.) // Vulkanol. i sejsmol. 2011. N 1. S. 19—32.
- [26] *Ovsyannikov A. A., Murav'ev Ya. D.* Izverzhenie vulkana Chikurachki v 1986 g. // Vulkanol. i sejsmol. 1992. N 5/6. S. 3—20.
- [27] *Pevzner M. M., Melekescev I. V., Ponomareva V. V. i dr.* Vozdejstvie katastroficheskikh ehksplzivnykh izverzhenij na prirodnyu sredu (na primere vulkana Shiveluch) // Izv. AN SSSR, ser. geograficheskaya. 1994. N 1. S. 75—85.
- [28] *Ptashinskij A. V.* Rezul'taty arheologicheskikh issledovanij na ostrove Matua (Kuril'skie ostrova) // Rossiya i ATR. 2011. N 3. S. 37—49.
- [29] *Razzhigaeva N. G., Ganzej L. A., Arslanov H. A. i dr.* Zapis' paleogeograficheskikh so-bytij pozdnelednikov'ya-golocena v organogennykh otlozheniyah ostrova Matua (Central'nye Kurily) // Tihookeanskaya geologiya. 2018. T. 37. N 5. S. 48—64.
- [30] Russkie ehkspedicii po izucheniyu severnoj chasti Tihogo okeana vo vtoroj polovine XVIII v. Sb. dokumentov. M.: Nauka, 1989. 400 s.
- [31] *Rybin A. V., Chibisova M. V.* Ehksplzivnoe izverzhenie vulkana Pik Sarycheva v iyune 2009 goda // Vestn. Sahalin. obl. kraeved. muzeya. 2011. N 17. S. 288—302.
- [32] *Rybin A. V., Chibisova M. V., Koroteev I. G.* Problemy monitoringa vulkanicheskoy aktivnosti na Kuril'skih ostrovah // Vestn. DVO RAN. 2010. N 3. S. 64—71.
- [33] *Slavinskij B. N.* Sovetskaya okkupaciya Kuril'skih ostrovov (avg.—sent. 1945 g.): Dokum. issled. M.: Lotos, 1993. 144 s.
- [34] *Smyshlyaev A. A.* K tajnam tumannykh Kuril. Petropavlovsk-Kamchatskij. 2006. 240 s.
- [35] *Snou G.* Zapiski o Kuril'skih ostrovah // Kraevedcheskij byulleten'. 1992. N 1. S. 89—127.
- [36] *Branigin W. U. S.* Begins Philippine evacuation // Washington Post. 1991. 06. 17.
- [37] *Newhall C. G., Self S.* The Volcanic Explosivity Index (VEI): An Estimate of Explosive Magnitude for Historical Volcanism // J. Geophys. Res. 1982. 87 (C2): 1231—1238.
- [38] *Rybin A., Chibisova M., Webley P. et al.* Satellite and ground observations of the June 2009 eruption of Sarychev Peak volcano, Matua Island, Central Kuriles // Bull. Volcanology. 2011. Vol. 73, N 9. P. 1377—1392.
- [39] *Siebert L., Simkin T., Kimberly P.* Volcanoes of the World: Third Edition. University of California Press, 2011. 568 p.
- [40] *Tanguy G., Ribiere J.-C., Scarth A. et al.* Victims of volcanic eruptions: a revised database // Bull. Volcanol. 1998. Vol. 60. P. 137—144.
- [41] *Tatewaki M.* On the plant communities in the Island of Matsuwa in the Middle Kuriles // Sapporo, 1929. V. 11. Rt. 1. P. 25—30.
- [42] *Urail M., Ishizuka Y.* Advantages and challenges of space-borne remote sensing for Volcanic Explosivity Index (VEI): The 2009 eruption of Sarychev Peak on Matua Island, Kuril Islands, Russia // J. Volcanol. Geotherm. Res. 2011.
- [43] <https://bestmaps.ru/map/yandex/hybrid/13/48.0895/153.2384>