

С.Ю. ГРИШИН

## Лахар на склоне вулкана Алаид (остров Атласова, Курилы) и его воздействие на растительность: первые данные по спутниковым изображениям

*На спутниковых изображениях вулкана Алаид (Курилы) выявлен лахар, сошедший по юго-восточному склону. Языки лахара внедрились в пояс древесной растительности, спустившись до высоты около 200 м. Площадь языков в зоне аккумуляции составила ~0,25 км<sup>2</sup>, площадь погребенной древесной растительности ~0,1 км<sup>2</sup>.*

*Ключевые слова:* лахар, вулкан, растительность, Алаид, Курилы, спутниковые изображения.

**Lahar on the slope of the Alaid volcano (Atlasov Island, Kuriles) and its impact on vegetation: the first data from satellite images.** S.Yu. GRISHIN (Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok).

*Lahar descending along the southeastern slope of the Alaid volcano (Kuriles) was revealed at satellite images. Lahar tongues penetrated into the zone of arboreal vegetation, descending to an altitude of about 200 m. The area of tongues in the accumulation zone is about 0.25 km<sup>2</sup>, and buried arboreal vegetation – about 0.1 km<sup>2</sup>.*

*Key words:* lahar, volcano, vegetation, Alaid, Kuriles, satellite images.

О современных лахарах на вулканах Курильских островов очень мало данных. Лахары являются вулканогенными селями; это водогрязекаменные потоки, сходящие как в результате извержения, так и в межэруптивный период [10]. На Курилах насчитывается 40 активных вулканов, что превышает список действующих вулканов Камчатки [8, 9]. Наиболее активные вулканы Курил, извергавшиеся в минувшие 100 лет, – Алаид, Эбеко, Чикурачки, Пик Креницына, Райкоке, Пик Сарычева, Заварицкого, Сноу, Тятя. Из них многократно и особенно интенсивно извергались вулканы Алаид и Пик Сарычева. Лахары, возникшие в ходе извержения вулкана Пик Сарычева на острове Матуа в 2009 г., кратко описаны [5, 7]. В результате изучения спутниковых изображений о-ва Атласова выявлен лахар, сошедший по юго-восточному склону вулкана Алаид. В настоящем сообщении приводятся первые данные о его параметрах и воздействии на растительность. Для выявления даты его схода, его размеров, а также для анализа изменений ландшафтов и растительного покрова использовались спутниковые снимки высокого разрешения, полученные начиная с 2005 г., а также материалы аэрофотосъемки 1980 г. В 2004 и 2007 гг. автором данного сообщения рекогносцировочно обследован район, где впоследствии прошел этот лахар, – как в зоне его прохождения (700–250 м над ур. м.), так и в зоне аккумуляции (250–190 м).

Необитаемый остров Атласова расположен в северной части Курил, его площадь 159 км<sup>2</sup>. Крупнейший вулкан Курильского архипелага Алаид (высота 2339 м) занимает большую часть острова (рис. 1, врезка). Он характеризуется высоким уровнем активности и продуктивности, по-видимому, максимальным по сравнению со всеми активными вулканами архипелага [4, 9]. Извержения вулкана Алаид эксплозивные и эксплозивно-эффузивные, продукты извержений – базальты, крупнейшие извержения (уровня VEI 4) предыдущего столетия произошли в 1972 и 1981 гг. Извержение 1981 г., в ходе которого было выброшено 0,55 км<sup>3</sup> пирокластики [1, 12], перекрыло мощным чехлом тефры восточные и северо-восточные склоны вулкана. Для о-ва Атласова характерен холодный приокеанический климат, высокий уровень осадков, длительное (около полугода) залегание снежного покрова. Растительность острова до высоты ~1200 м над ур. м. состоит из зарослей ольхового стланика (*Duschekia fruticosa*) и лугов; наблюдаются резко выраженная асимметрия

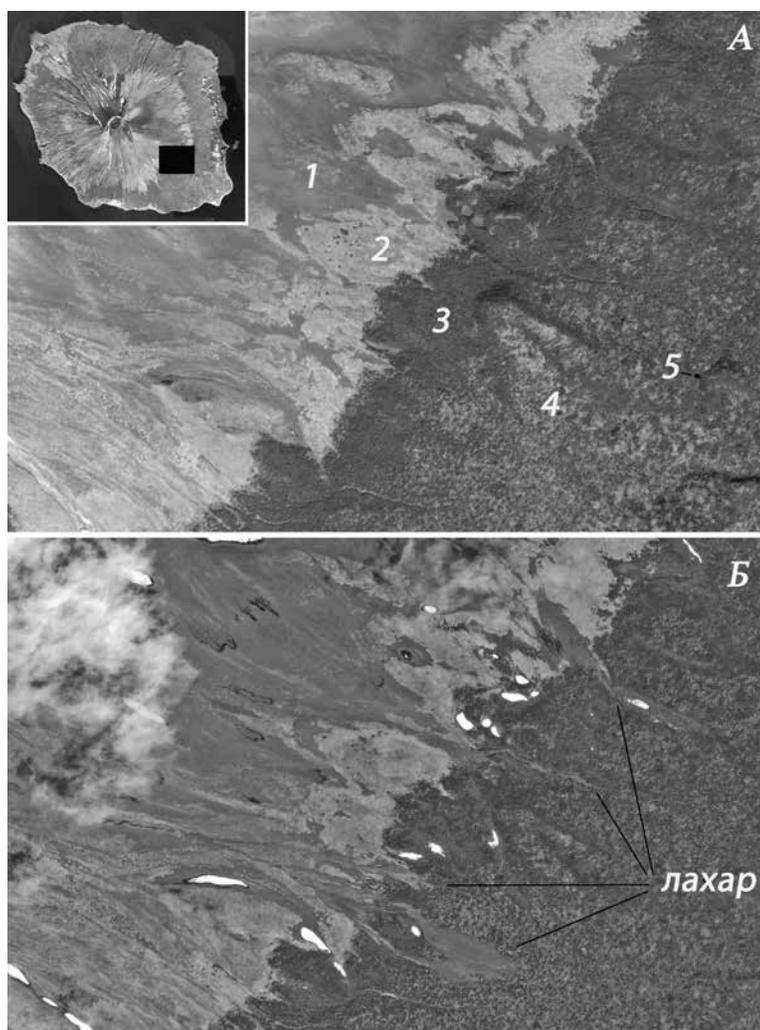


Рис. 1. Район исследований. А – ситуация до прохождения лахара. На врезке – остров Атласова и район исследований (черный прямоугольник). 1 – зона шлаковых бедлендов восточного склона вулкана; 2 – полоса зарослей злака *Leymus mollis*, растущих на месте зарослей ольховника, разрушенных извержением 1981 г., 3 – полоса сомкнутых зарослей ольховника, 4 – полоса комплексной растительности из зарослей ольховника и лугов, 5 – озеро (см. в тексте). Фото со спутника WorldView-2 от 29.08.2011. Б – стрелками показаны языки лахара. Фото со спутника WorldView-2 от 19.07.2013

высотных поясов растительности разных склонов вулкана, а также различные формы нарушения естественного покрова. Пояс ольховника на восточном склоне сильно редуцирован и поднимается лишь до ~250 м над ур. м. Он весьма неоднородный, гетерогенный, явно несет следы мощного вулканического воздействия. Это проявляется в чередовании зрелых, внешне не поврежденных зарослей стланика с участками мелкого (высота до 2 м) поврежденного ольховника и группами усохших и сильно поврежденных кустов с обломанными, засохшими вершинами и ветвями. Разнородные участки стлаников чередуются с пустошами из голого вулканического шлака, либо покрытыми мхами и лишайниками, либо заросшими несомкнутыми луговинами [6].

Отложения свежих грязевых потоков (лахаров) в юго-восточном секторе вулкана обнаружены на весенних и летних спутниковых снимках 2013 г. (рис. 1). Лахар прошел через три ландшафтные зоны: зону шлаковых отложений на обширных склонах (интервал абсолютных высот 300–2000 м), узкую (200–500 м по горизонтали) зону сплошного покрова пионерных злаков (*Leymus mollis*) и на расстояние 200–600 м четырьмя «языками» внедрился в зону ольхового стланика. Ширина участка вхождения языков лахара составила ~1300 м на высоте 260–300 м над ур. м. (рис. 2). Верхняя граница зон аккумуляции, где



Рис. 2. Вид на восточный и юго-восточный склоны вулкана Алайд. Зона вхождения языков лахара в пояс стлаников – правая половина участка границы древесной растительности. На дальнем плане – прорыв Такетоми. Август 2004 г. Фото автора

грязевые потоки растекались по более пологим склонам, находится на высоте 320–350 м; нижний предел положения языков – 190–220 м над ур. м. Наиболее крупный язык прошел по ольховнику около 600 м, произведя полное погребение зарослей; ширина его зоны отложений достигла 200 м (рис. 3).

Заросли ольховника в месте вторжения языков лахара образуют полосу плотно сомкнутой древесной растительности шириной 300–500 м. Ниже простирается более широкая (до 1500 м) полоса комплексной растительности, где участки зарослей стланика, имеющие в поперечнике 20–50 м и в высоту около 3–4 м, чередуются с прогалинами, заросшими высокотравьем (по описаниям автора в 2004 и 2007 гг.). Пестрота растительного покрова отражает неоднородный мезорельеф древних лавовых потоков, полностью заросших. На верхней границе древесной растительности в 2007 г. отмечена мощность тефры извержения 1981 г., равная 65 см. Заросли стлаников были сильно повреждены падением тефры

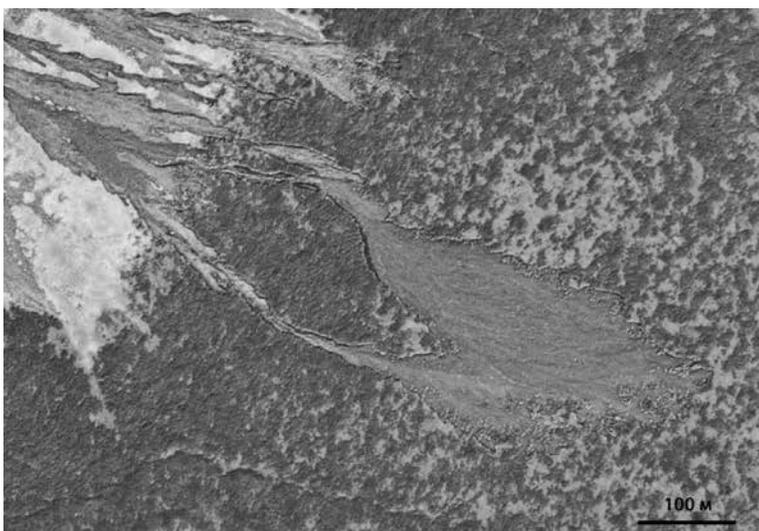


Рис. 3. Наиболее крупный язык лахары. Фото со спутника WorldView-2 от 19.07.2013

и частью погибли, а выжившие имели следы повреждения (усохшие ветви, скрюченные стволы и др.). Поражение растительности хорошо просматривалось на нашем геоботаническом профиле 2007 г., идущем по восточному склону вулкана до побережья; в юго-восточном секторе воздействие пеплопадов 1981 г. на растительность было меньше.

Общая площадь погребенной растительности в поясе стлаников составляет около  $0,1 \text{ км}^2$ , в вышележащей полосе злаковников из *Leymus mollis* – около  $0,15 \text{ км}^2$ , более высокие склоны, где проходили пути грязевых потоков, на спутниковом изображении скрыты облачностью. Таким образом, площадь зоны аккумуляции составила около  $0,25 \text{ км}^2$ , а объем (при допущении средней мощности отложений в 1 м) –  $0,25 \text{ млн м}^3$ . Эта величина сопоставима с площадью лахаров, сошедших в ходе крупного извержения вулкана Пик Сарычева в июне 2009 г. Тогда площадь зоны аккумуляции наиболее крупного лахара составила около  $0,1 \text{ км}^2$  [5].

Отметим, что на спутниковых изображениях, сделанных ранее октября 2012 г., лахар не обнаруживается. Снимки со спутника WorldView-2 от 4 и 12 октября 2012 г. показали отсутствие лахара. На зимних снимках под снеговым покровом его признаков также не было видно. Впервые лахар обнаружен на изображении со спутника GeoEye-1 от 4 июня 2013 г. Сочетание отложений лахара со снежниками на высоте 300–600 м над ур. м. на этом снимке говорит о том, что отложения были перекрыты снежным покровом зимы 2012/13 г., а не наоборот. Это означает, что лахар сошел осенью 2012 г. Незадолго до схода лахара, в октябре 2012 г., в верхней части конуса произошло выпадение тефры небольшого извержения вулкана Алаид. В конце октября облет вулкана на вертолете совершила группа вулканологов из ИВиС ДВО РАН, которая попутно обнаружила малое озеро на северо-восточном склоне вулкана [11]. Лахар едва ли был бы не замечен вулканологами. Незадолго до схода лахара, в конце октября 2012 г., произошло небольшое извержение вулкана Алаид, при этом в верхней части конуса имело место выпадение тефры. Для изучения этого события облет вулкана на вертолете совершила группа специалистов из Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, которая попутно обнаружила с воздуха маленькое (20 м в поперечнике) озерко на северо-восточном склоне вулкана [11]. Лахар с резко выделяющимися на склоне цветом отложений и языком, имеющим размер в пределах  $200 \times 600 \text{ м}$ , вряд ли был бы не замечен вулканологами.

Вода, формировавшая лахар, в отсутствие существенного извержения могла появиться только в результате особенно интенсивных дождей. Изучение архива данных по погоде

метеостанции «Северо-Курильск» (расположенной на расстоянии около 40 км от юго-восточных склонов вулкана Алаид) показало, что в интервале между октябрем 2012 г. и июнем 2013 г. единственный ливневый дождь со снегом прошел ночью 26–27 ноября 2012 г. В Северо-Курильске тогда было зафиксировано суммарно 100 мм осадков; в горном районе количество осадков обычно значительно выше. Так, высотный градиент осадков для Авачинской группы вулканов (Камчатка) составляет 140 мм/100 м (для годовой суммы осадков) [2]. Таким образом, 27 ноября 2012 г. – наиболее вероятная дата схода лахара.

Выпавший с дождем снег был увлечен сорвавшейся со склона массой тefры, насыщенной водой (и, возможно, снегом). Набравший скорость на достаточно крутом склоне (в высотном интервале от 2000 до 1000 м средняя крутизна – 27°) лахар по мере движения захватывал рыхлый материал. Последний сплошным чехлом покрывал восточный склон вулкана. Часть тefры из мощных толщ, отложившихся в верхней части конуса в 1981 г., за последующие 32 летних сезона под действием гравитации, осадков, талых вод и ветра постепенно перемещалась вниз по склону. За счет этого процесса постоянно поддерживалось наличие нестабильных толщ в средней и нижней частях склона, рыхлый материал которых пошел на формирование лахара. Таким образом, размеры и объем отложений лахара лимитировал только объем воды, доступный для его формирования. В случае если бы осадков было больше, лахар, вероятно, был бы крупнее и продвинулся дальше в сторону побережья.

На языках лахара, вторгшихся в пояс ольховника, не наблюдается полупогребенных остатков растительности; это говорит о том, что скорость лахара, наличие твердой составляющей в его составе, а также мощность отложений на языках были достаточно высокими. Мощность отложений в зоне аккумуляции можно предварительно оценить величиной 1–2 м. Лишь около нижней границы языка лахара (10–40 м от края) наблюдаются частью выжившие куртины стланика; там толща свежих отложений выклинивалась и составляла, по-видимому, не более 0,3–0,7 м.

Грязевые потоки сходили по этому же склону вулкана в ходе крупного эксплозивного извержения весной 1981 г.; их длина составляла 0,8–2 км, ширина – 10–15 м, мощность – 0,3–1,5 м [1]. В результате сравнения изображений на аэрофотоснимках 1980 г. и детального спутникового снимка 2005 г. выявлено, что эти потоки не достигли пояса древесной растительности. Современная верхняя граница древесной растительности на восточном склоне вулкана Алаид сравнительно сглаженная, без резких и глубоких языков, протягивающихся как вниз, так и вверх по склону. Это говорит о том, что других лахаров, внедрявшихся ниже 250 м, за минувшие 40 лет на восточном склоне не было.

Лахар 2012 г., как и, по-видимому, грязевые потоки 1981 г., относятся к «холодным» лахарам, образующимся при соединении рыхлых вулканических отложений и особо сильных дождевых осадков на горных склонах (однако такие лахары могут возникнуть и при отсутствии дождей, например при прорыве подпруженного высокогорного озера или интенсивном таянии снега или ледников в высокогорье). В то же время лахары, сошедшие со склонов вулкана Пик Сарычева в 2009 г., являются «горячими», они возникли в результате поступления раскаленных масс пирокластических потоков и волн на остатки снежного покрова во второй декаде июня.

По сравнению с лахарами, сходящими на Камчатке на вулканах Авачинский, Шивелуч, Ключевской и Безымянный [9], лахары вулканов Курил, зафиксированные на вулканах Алаид и Пик Сарычева, многократно меньше по размерам и производимому воздействию на окружающую среду. Различия связаны как с более крупными размерами камчатских вулканов, так и с обширными размерами их нивальной зоны с ледниками и снежниками, а также с мощностью извержений и объемом горячих отложений. Для формирования «горячего» лахара важен также фактор сезонности, где главное – запасы снега во время воздействия высокотемпературных отложений. Крупнейший на Камчатке современный лахар объемом ~0,5 км<sup>3</sup> и протяженностью ~85 км возник в результате катастрофического извержения вулкана Безымянный в конце марта 1956 г., когда на мощный снежный покров

восточного склона Ключевской группы вулканов воздействовала взрывная пирокластическая волна колоссальной силы, в течение нескольких минут растопившая снег на площади в сотни квадратных километров [3]. Условия формирования «холодного» лахара на вулкане Алаид определили его сравнительно небольшие размеры и умеренное разрушительное воздействие на окружающую среду. Однако и небольшие лахары опасны: они не только разрушают экосистемы, но и в связи со своей внезапностью представляют серьезную угрозу для людей и инфраструктуры.

В завершение следует добавить, что на склоне вулкана Алаид, ниже языков лахара 2012 г., на расстоянии 700–750 м от них, на высоте 140 м обнаружено миниатюрное озеро овальной формы, размером в поперечнике около 20 м. Небольшое озерко близкого размера было ранее обнаружено с вертолета в северо-восточной части острова [11]. На о-ве Атласова до последнего времени не были известны постоянные водоемы, не считая озер, возникших на территории, намытой на востоке острова из переотложенной тефры прорыва Такетоми (1933–1934 гг.).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Будников В.А. Пирокластика современных базальтовых извержений. Владивосток: Дальнаука, 1996. 160 с.
2. Виноградов В.Н. Современное оледенение районов активного вулканизма Камчатки. М.: Наука, 1975. 103 с.
3. Горшков Г.С., Богоявленская Г.Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения. М.: Наука, 1965. 170 с.
4. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 287 с.
5. 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.
6. Гришин С.Ю., Баркалов В.Ю., Верхолат В.П. и др. Растительный и почвенный покров острова Атласова (Курильские острова) // Комаровские чтения. Владивосток, 2009. Вып. 56. С. 64–119.
7. 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.
8. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В. Новый подход к определению понятия «действующий вулкан» // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский: ИВГиГ ДВО РАН, 2001. 428 с.
9. Новейший и современный вулканизм на территории России. М.: Наука, 2005. 604 с.
10. Перов В.Ф. Селеведение: учеб. пособие. М.: МГУ, 2012. 272 с.
11. Рашидов В.А., Малик Н.А., Фирстов П.П. и др. Активизация вулкана Алаид (Курильские острова) в 2012 году // Вестн. КРАУНЦ. 2012. № 2, вып. 20. С. 9–15.
12. Федотов С.А., Иванов Б.В., Флеров Г.Б. и др. Изучение извержения вулкана Алаид (Курильские острова) в 1981 г. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 6. С. 9–27.