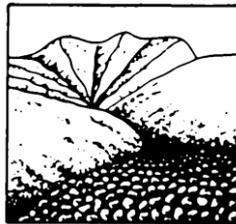


DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 5th International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018



Editors
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Publishing House “Universal”
Tbilisi 2018

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.



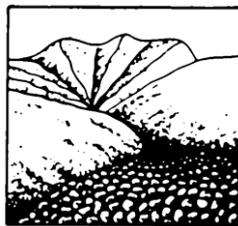
Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

Издательство Универсал
Тбилиси 2018

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის
მასალები

თბილისი, საქართველო, 1-5 ოქტომბერი, 2018



რედაქტორები
ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი

გამომცემლობა "უნივერსალი"
თბილისი 2018

УДК 551.311.8
ББК 26.823

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили. – Тбилиси: Универсал, 2018, 671 с.

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 5th International Conference. Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018. – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili. – Tbilisi: Publishing House “Universal”, 2018, 671 p.

ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა. მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018. გამომცემლობა "უნივერსალი", თბილისი 2018, 671 გვ. პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი.

Ответственные редакторы С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили
Edited by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Верстка: С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева, Е.А. Савернюк
Page-proofs: S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva, E.A. Savernyuk

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).
Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman’s book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-9941-26-283-8

© Селевая ассоциация
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა
მეურნეობის ინსტიტუტი



Горные экосистемы вулкана Жупановский (полуостров Камчатка, Россия) и их трансформация под влиянием извержений 2013-2017 гг.

М.А. Макарова¹, В.Г. Дирксен^{2,3}, Н.А. Владимирова⁴, О.В. Дирксен²

¹Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург,
MMakarova@binran.ru

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
dirksenvg@kscnet.ru

³Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский

⁴Государственный природный заповедник «Денежкин Камень», Североуральск,
nadiopt@gmail.com

Вулкан Жупановский, Восточная вулканическая зона Камчатки, представляет собой вулканический хребет из 4 слившихся конусов. Самый молодой из них, конус Приемьш, образовался в позднем голоцене. В историческое время он извергался 6 раз, и последний – в 1956-1957 гг. Последняя активизация началась в 2013 г. и продлилась до 2017 г. В 2015 г. очередной взрыв и сейсмическая активность вызвали масштабное обрушение кратера, которое изменило облик вулкана. Обвальные отложения покрыли значительную часть склона вулкана, а грязекаменные потоки (лахары), возникшие при прохождении обвала по долинам ручьев, распространились на расстояние до 10 км. В 2006 г. были получены геоботанические данные, характеризующие основные высотные пояса растительности в диапа зоне 630-2500 м над у.м. По данным дешифрирования космоснимков до начала извержения и после него, удалось оценить степень и характер трансформации горных экосистем под влиянием вулканизма и сопутствующих процессов, в зоне максимального поражения площадью более 20 км².

Камчатка, вулкан Жупановский, растительность, извержение, лахар

Mountain ecosystems of Zhupanovsky Volcano (Kamchatka Peninsula, Russia) and their transformation under the influence of eruptions in 2013-2017

M.A. Makarova¹, V.G. Dirksen^{2,3}, N.A. Vladimirova⁴, O.V. Dirksen²

¹Komarov Botanical Institute of Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg,
MMakarova@binran.ru

²Institute of Volcanology and Seismology of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, dirksenvg@kscnet.ru

³Kamchatka filial of the Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky

⁴Russian Federal nature reserve "Denezhkin Kamen", Severouralsk,
nadiopt@gmail.com



Zhupanovsky volcano is situated at southern part of the Eastern Volcanic Zone, Kamchatka. It is a volcanic ridge formed by four coalesced volcanic cones. The youngest cone Priemysch erupted first at the Late Holocene. Six historical eruptions were weak, the latest one occurred in 1956-1957. Recent volcanic activity represented by several eruptions in the Priemysch crater started in 2013 and prolonged to 2017. In 2015, recurrent eruption accompanied by seismic activity led to a large-scale collapse of the cone and thus changed the volcano edifice drastically. Landslide deposits covered a significant part of volcano slope. Since landslide passed through river valleys, some mud flows (lahars) appeared and travelled as far as 10 km from the cone. In 2006, we carried out field work on south-western slope of the volcano and obtained new data on volcanology, tephrochronology and botany. Botanical descriptions represent a sequence of mountain vegetation belts at elevation of 630-2500 m a.s.l.: mountain tundra, subalpine shrubs with dwarf pine and shrub alder, stone birch forest. Based on satellite images before and after the eruption, we evaluated an affect of mountain ecosystems and their transformation under influence of the eruption and subsequent processes within the area of maximal disturbance ~20 km². Also, some sites ~5 km south-west from this area were damaged indirectly by subsequent re-deposition of mud flow sediments within river valleys.

Kamchatka, Zhupanovsky volcano, vegetation, volcanic eruption, lahar

Введение

Изучение исторических и новейших вулканических извержений и их последствий является необходимой основой для разработок моделей и принципов устойчивого развития территорий эндогенной активности. Вулканические извержения и сопутствующие им процессы не только кардинально перестраивают структуру экосистем в непосредственной близости от вулканических центров, но и во многом определяют устойчивость и направленность развития геоконплексов на значительном удалении [Дирксен, Дирксен, 2004].

Оценкой экологических последствий извержений вулканов на Камчатке занимались многие исследователи [Манько, Сидельников, 1989; Grishin et al., 1996; Дирксен, Дирксен, 2007; Korablev, Neshataeva, 2016]. При этом Жупановский, один из действующих вулканов, оставался практически неизученным. В результате комплексных полевых работ на вулкане в 2005-2008 гг. был получен массив геолого-геоморфологических, тephрохронологических и геоботанических данных. Часть материалов была опубликована [Базанова и др., 2009; Макарова, Дирксен, 2012]. Новый исследовательский интерес к вулкану возник в связи с возобновлением его эруптивной деятельности в 2013-2017 гг. [Самойленко и др., 2014; Горбач и др., 2015]. В настоящей работе представлены данные геоботанических исследований 2006 г., полученные до начала извержения, и результаты обработки данных дистанционных методов за 2015-2017 гг. Анализ этих материалов позволяет оценить степень и характер трансформации экосистем под влиянием вулканической активности и сопутствующих процессов.

Материалы и методы

Геоботанические исследования проводились по высотным профилям в диапазоне высот 630-2500 м над у. м., и маршрутным методом. Геоботанические описания выполнялись на пробных площадях 400 м² с GPS-привязкой, по стандартной методике [Методы..., 2002]. Они сопровождалась сбором гербарного материала, характеристикой ландшафтов и описанием разрезов почвенно-пирокластических чехлов. Собранные виды мхов и лишайников определены специалистами БИН РАН, Санкт-Петербург. Идентификация видов высших сосудистых растений подтверждена специалистами КФ ТИГ ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский. Всего выполнено 93 описания. По результатам обработки массива данных разработана типология растительности.



Применялись эколого-фитоценотические приемы построения легенды к карте. Создана карта растительности части юго-западного макросклона вулкана Жупановский в масштабе 1:50000, площадью 115 км², с использованием программы ARCGIS. Для создания карты использованы топографические карты (М. 1:100000) и космические снимки Landsat-7 за 2006 г.

На основе дешифрирования серий космоснимков Landsat-8 и Sentinel-2 за 2015-2017 гг., зафиксированы изменения ландшафтов в результате последних извержений вулкана Жупановский. Проведено пересечение векторных слоев карты растительности 2006 г. и схемы выявленных изменений ландшафтов за период 2015-2017 гг., что позволило провести расчеты площадей поражения конкретных геокомплексов в результате эруптивной активности и инициированных ею процессов.

Объект исследования

Вулкан Жупановский (53°35' с. ш., 159°18' в. д.) входит в состав Дзедзур-Жупановской группы и располагается в южной части Восточного вулканического пояса, в ~70 км к северу от г. Петропавловск-Камчатский. Он представляет собой вулканический хребет из четырех слившихся конусов. Три из них образовались в позднем плейстоцене, а четвертый, конус Приемьш (2884 м над у.м.), начал свое формирование в позднем голоцене, около 350014С л.н., серией эффузивных извержений [Базанова и др., 2009]. В историческое время здесь произошло шесть слабых извержений, и последнее из них – в 1956-1957 гг. В октябре 2013 г. начался новый этап активизации, который продлился до 2017 г. в виде отдельных взрывов в кратере конуса Приемьш. 12 июля 2015 г. произошло событие, значительно изменившее облик вулкана: очередной взрыв, сопровождавшийся сейсмической активностью, вызвал масштабное обрушение юго-восточного сектора кратера. Обвальные отложения покрыли значительную часть южного подножия вулкана, а грязекаменные потоки (далее лахары), возникшие при прохождении обвала по долинам ручьев, распространились на расстояние до 10 км.

Вулкан Жупановский – это сложная лавово-пирокластическая постройка с многочисленными побочными эруптивными центрами, лавовыми потоками различного возраста. Постройка отличается сохранностью первичных форм и слабой изрезанностью барранкосами. Вершины конусов покрыты ледниками, спускающимися по склонам языками до 6 км длиной и образующими серии разновозрастных морен. Верхние части долин заполнены многолетними снежниками, которые тают в течение всего лета и питают многочисленные речки и ручьи. Несмотря на близость к городу, район вулкана труднодоступен и мало изучен.

Сведения о растительности района до настоящего времени также практически отсутствовали. Собранный нами фактический материал, охватывающий весь спектр высотных растительных поясов, позволяет восполнить существующий пробел в данных.

Результаты и их обсуждение

Растительный покров района имеет мозаичную структуру, в зависимости от характера подстилающих пород и возраста форм рельефа. Его вертикальная структура представляет собой типичную для Восточного побережья полуострова последовательность высотных поясов. Характерной особенностью является отсутствие четких границ между поясами и их взаимопроникновение, с образованием протяженных экотоннов. В 2006 г., в диапазоне высот 630-2500 м, снизу вверх были выделены основные типы и группы сообществ (Рис. 1).

Каменноберезовые леса (*Betula ermanii*) на высотах 630-910 м представляют собой верхнюю часть каменноберезового пояса, спускающегося вплоть до океанического побережья. Здесь они занимают хорошо дренируемые участки: моренные террасы, склоны и гребни старых лавовых потоков. Леса имеют парковый облик, они представлены кустарниковыми вейниково-майниковыми сообществами. Среди кустарников под пологом леса преобладают кедровый стланик (*Pinus pumila*), ольховник



(*Alnus fruticosa*), встречаются *Spiraea beauverdiana*, *Sorbus sambucifolia*, *Lonicera caerulea*. На высотах 630-660 м среди лесных участков обычны фрагменты гераниево-вейниковых лугов.

Выше располагается пояс стланиковых кустарников, образованный сообществами кедрового стланика и ольховника. В целом, ольховники занимают нижнюю часть пояса (~650-1000 м), а кедровые стланики – верхнюю его часть (~940-1250 м). Однако фактически обе формации образуют сложную мозаичную структуру внутри пояса стлаников и проникают в соседние пояса, в зависимости от характеристик экотопов. Ольховники предпочитают более влажные участки и вогнутые формы рельефа; они занимают поймы водотоков, пролювиальные шлейфы и конусы выноса. Ольховники (преимущественно, вейниковые) достигают высоты 4,5 м, под пологом развит ярус низкорослых кустарников из *Spiraea beauverdiana*, *Sorbus sambucifolia*. Кедровые стланики предпочитают хорошо дренированные, выпуклые участки; они заселяют гребни старых лавовых потоков и вершины шлаковых конусов. Высота кустарника варьирует в широком диапазоне от 0,8 до 2,5 м, в зависимости от высоты снежного покрова. Характерной чертой является высокая сомкнутость кедрового стланика, хорошо развитый под его пологом кустарниковый ярус (*Spiraea beauverdiana*, *Rhododendron aureum*) и слабо развитый травяной ярус. По выходам коренных пород в сообществах встречается *Rhododendron camtschaticum*.

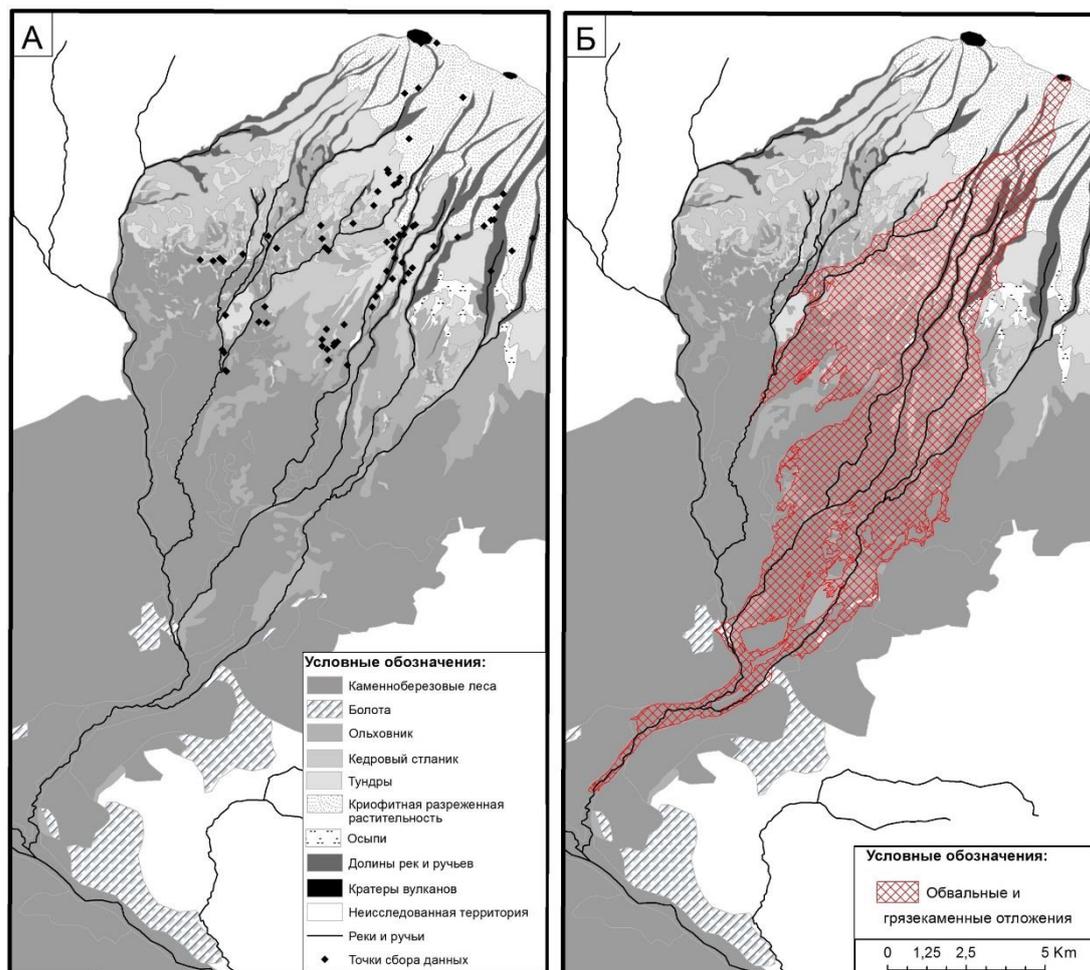


Рис. 1. А - Карта растительности 2006 г.; Б – Карта зоны выявленных изменений растительности и ландшафтов за период 2015-2017 гг.



Тундровый пояс формируется на высоте 1200-1500 м, однако фрагменты тундр встречаются с высоты 820 м. Самое низкое положение занимают рододендровые тундры с *Rhododendron aureum* (820-850 м); они встречаются фрагментарно на участках, где долго задерживается снег. На высотах 950-1100 м, на склонах лавовых потоков отмечаются голубичные тундры. Доминирует *Vaccinium uliginosum*, сопутствующие виды *Vaccinium vitis-idaea*, *Salix reticulata*, *Arctous alpina*, *Ledum decumbens*. Шикшевые тундры (*Empetrum sibiricum*) отмечены на высоте 940-1150 м на пролювиальных шлейфах, в том числе на молодых поверхностях с высокой щебнистостью. В сообществах обычны кустарнички *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Loiseleurea procumbens*, *Cassiope lycopodioides*. На высотах 1190-1540 м, по гребням и склонам лавовых потоков и щебнистым поверхностям конусов выноса, широко распространены ивково-лэйзелериево-диапензиевые тундры. В сообществах доминируют кустарнички *Diapensia obovata*, *Loiseleurea procumbens*, стелющиеся виды ив *Salix chamissonis*, *S. reticulata*. Филлодоциевые (*Phyllodoce caerulea*) тундры встречаются с высоты 1200 м, но наиболее распространены на высотах 1430-1520 м и приурочены к дренированным плоским, вогнутым формам рельефа, к местам, где задерживается снег.

Разреженная криофитная растительность представлена группировками видов на высоте от 1500 до 2400 м. На осыпях и шлаковых полях несформированные группировки образуют *Pennellianthus frutescens*, *Polytrichum piliferum*, *Polytrichastrum sphaerothecium*. На высотах 1500-1700 м единично встречаются *Saxifraga merkii*, *Pennellianthus frutescens*, *Ermania parryoides* и кустарнички *Phyllodoce caerulea*, *Diapensia obovata*. На высотах 1700-2400 м небольшие пятна образуют мхи *Mielichhoferia mielichhoferiana*, *Arctoa fulvella* и лишайники *Arthonia delicata*, *Stereocaulon symphycheilum*. На высотах 2400-2500 м изредка встречаются мхи *Andreaea rupestris* var. *papillosa*, *Polytrichastrum sexangulare*, лишайники *Pseudephebe pubescens*, *Umbilicaria kracheninikovii*.

В ходе извержения конуса Приеммыш в 2013-2017 гг., и, прежде всего, в результате обрушения юго-восточной стенки его кратера в 2015 г., горные экосистемы района исследований были в значительной степени нарушены (Рис. 1). На космоснимках 2015-2017 гг. четко выделяется поле обвальных отложений, которое узкой полосой тянется от кратера, а затем расширяется на уровне перегиба макросклона от крутого к более пологому. Основное тело обвала окружено эрозионными потоками, которые, ниже по склону, переходят в лахары. Распространение лахаров по долинам водотоков произошло сразу после обвала в 2015 г. и составило около 10 км. В последующие два года происходило переотложение материала лахаров далее вниз по долине ручья Быстренький, на расстояние до 5 км, до его слияния с р. Левая Налычева.

При совмещении карты растительности 2006 г. и схемы распространения обвальных отложений и лахаров по космоснимкам 2015-2017 гг., выявлены: общая площадь поражения экосистем (26 км²), площади поражения конкретных геокомплексов в районе исследований (Табл. 1). Однако характер поражения геокомплексов и их дальнейшая динамика по данным дешифрирования не очевидны.

Таблица 1. Утраченные формации и экотопы в результате извержения 2015 г.

Утраченные формации и экотопы	Площадь, га	Доля, %
Каменноберезовые леса	1164,5	44,7
Болота	23,8	0,9
Ольховник	580,2	22,3
Кедровый стланик	241,9	9,3
Тундры	260,8	10,0
Криофитные разреженные сообщества	143,6	5,5
Долины рек	189,1	7,3
Осыпи	16,7	0,6
Общая площадь поражения экосистем	2605,5	100



В вулканических районах эруптивная деятельность и сопутствующие ей явления выступают одними из главных факторов динамики экосистем. Растительные сообщества таких районов постоянно находятся на той или иной стадии сукцессионного процесса. Скорость и направленность восстановления растительности после вулканического извержения зависит от его типа и мощности [Манько и Сидельников, 1989], а также от характера воздействия конкретного агента вулканического поражения [Дирксен и Дирксен, 2004, 2007]. Среди них можно выделить несколько основных: тефра, лавовые потоки, пирокластические потоки, лахары и обломочные лавины. За исключением тефры, все они приводят практически к полному разрушению экосистем. Площадь воздействия лавовых и пирокластических потоков чаще всего ограничивается пределами вулканической постройки, что позволяет рассматривать эти агенты в качестве локальных. Влияние лахаров распространяется на более обширные территории. В гумидных высокогорных районах (к которым относится и Камчатка), где сосредоточены значительные запасы воды в виде ледников и снежников, формирование лахаров вслед за вулканическим извержением может иметь катастрофические последствия. Влияние тефры на экосистемы определяется ее мощностью и физико-химическими свойствами; площадной характер распространения позволяет отнести ее к агентам регионального уровня.

Извержение конуса Приемыш в 2013-2017 гг. имело эксплозивный характер: происходили выбросы пеплов; лавовые и пирокластические потоки для такого типа извержения не характерны. Согласно данным [Горбач и др., 2015], объемы изверженной тефры были небольшими, а оси пеплопадов были направлены на восток, в сторону океана. Таким образом, влияние пеплопадов можно оценить как незначительное: наиболее уязвимые виды низкотравья, мхов и лишайников могли деградировать, однако тип сообществ сохранился [Дирксен и Дирксен, 2007]. Основными агентами поражения, очевидно, выступали обвал и лахары. Мощность отложений лахаров достигала 5 м [Горбач и др., 2015]; следовательно, мощность обвальных отложений, которые переоткладывались лахарами, была еще выше. Таким образом, поражение геокмплексов, попавших в поле отложений обвала и лахаров, можно рассматривать как тотальное.

Что касается восстановительных процессов, можно предположить, что в зоне обвала и деятельности лахаров начнется (по-видимому, уже началась) первичная сукцессия. Принимая во внимание довольно ограниченный сектор поражения, а также близость ненарушенных сообществ как источников семян и вегетативного возобновления, можно говорить о достаточно высоких темпах сукцессионных процессов. Кроме того, в отличие от вулканических продуктов, отложения лахаров являются более благоприятным субстратом для поселения и выживания растений, поскольку они химически нейтральны, содержат питательные вещества и способны удерживать влагу.

Можно также предположить, что в данных условиях наиболее активно будут восстанавливаться популяции ольховника, который способен к вегетативной регенерации. Самые низкие темпы возобновления ожидаются для сообществ тундр и кедрового стланика как наиболее чувствительных к пеплопадам и нарушениям характеристик экотопов (дренажные свойства грунтов, высота снежного покрова и др.).

Заключение

На основе геоботанических данных, полученных в 2006 г., и анализа серий космоснимков до начала извержения вулкана Жупановский в 2013-2017 гг. и после него, удалось оценить степень и характер трансформации горных экосистем в результате извержения, в зоне максимального поражения площадью 26 км². Были выявлены основные агенты поражения и определен характер их воздействия на экосистемы, а также рассмотрен возможный сценарий их постэруптивного восстановления.



Авторы благодарят И. В. Чернядьеву, А. Д. Потемкина и Д. Е. Гимельбранта (БИН РАН) за определение видов мхов и лишайников; И. В. Мелекесцева (ИВиС ДВО РАН) за консультации; Р. В. Кулиша (ИВиС ДВО РАН) за участие в полевых работах.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ.

Список литературы

- Базанова Л.И., Дирксен О.В., Кулиш Р.В., Карташова Е.В. (2009). Эволюция новейшего вулканизма Жупанова хребта, Камчатка. В кн.: Вулканизм и Геодинамика. Материалы IV Всеросс. симп. по вулканологии и палеовулканологии. ИВиС ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский.
- Горбач Н.В., Самойленко С.Б., Плечова А.А., Мельников Д.В. (2015). Обвал на вулкане Жупановский (Камчатка) в июле 2015 г.: Первые данные и наблюдения. Вестник КРАУНЦ, 3(27): 5-11.
- Дирксен В.Г., Дирксен О.В. (2004). Реконструкция восстановления растительности после катастрофического извержения Курильское озеро – Ильинская 7600 ¹⁴С л.н. на Южной Камчатке. Вестник КРАУНЦ, 3: 57-86.
- Дирксен В.Г., Дирксен О.В. (2007). Динамика растительности и экологические последствия извержения 1996 года в Карымском вулканическом центре, Камчатка. Вулканология и сейсмология, 3: 26-38.
- Макарова М.А., Дирксен В.Г. (2012). О высотной поясности растительности юго-западного макросклона вулкана Жупановский, полуостров Камчатка. Мат. IV междунар. конф., Нальчик, 217-218.
- Манько Ю.И., Сидельников А.Н. (1989). Влияние вулканизма на растительность. Владивосток. Дальнаука, 161 с.
- Методы изучения лесных сообществ (2002). СПб, БИН РАН, 240 с.
- Самойленко С.Б., Мельников Д.В., Чирков С.А., Маневич Т.М. (2014). Активизация Жупановского вулкана в 2013-2014 гг. Вестник КРАУНЦ, 1(23): 21–26.
- Grishin S.Yu., del Moral R., Krestov P.V., Verkholat V.P. (1996). Succession following the catastrophic eruption of Ksudach volcano (Kamchatka, 1907). Vegetatio, 127: 129-153.
- Korablev A.P., Neshataeva V.Yu. (2016). Primary plant successions of forest belt vegetation on the Tolbachinskii Dol volcanic plateau (Kamchatka). Biology Bulletin, 43(4): 307–317.