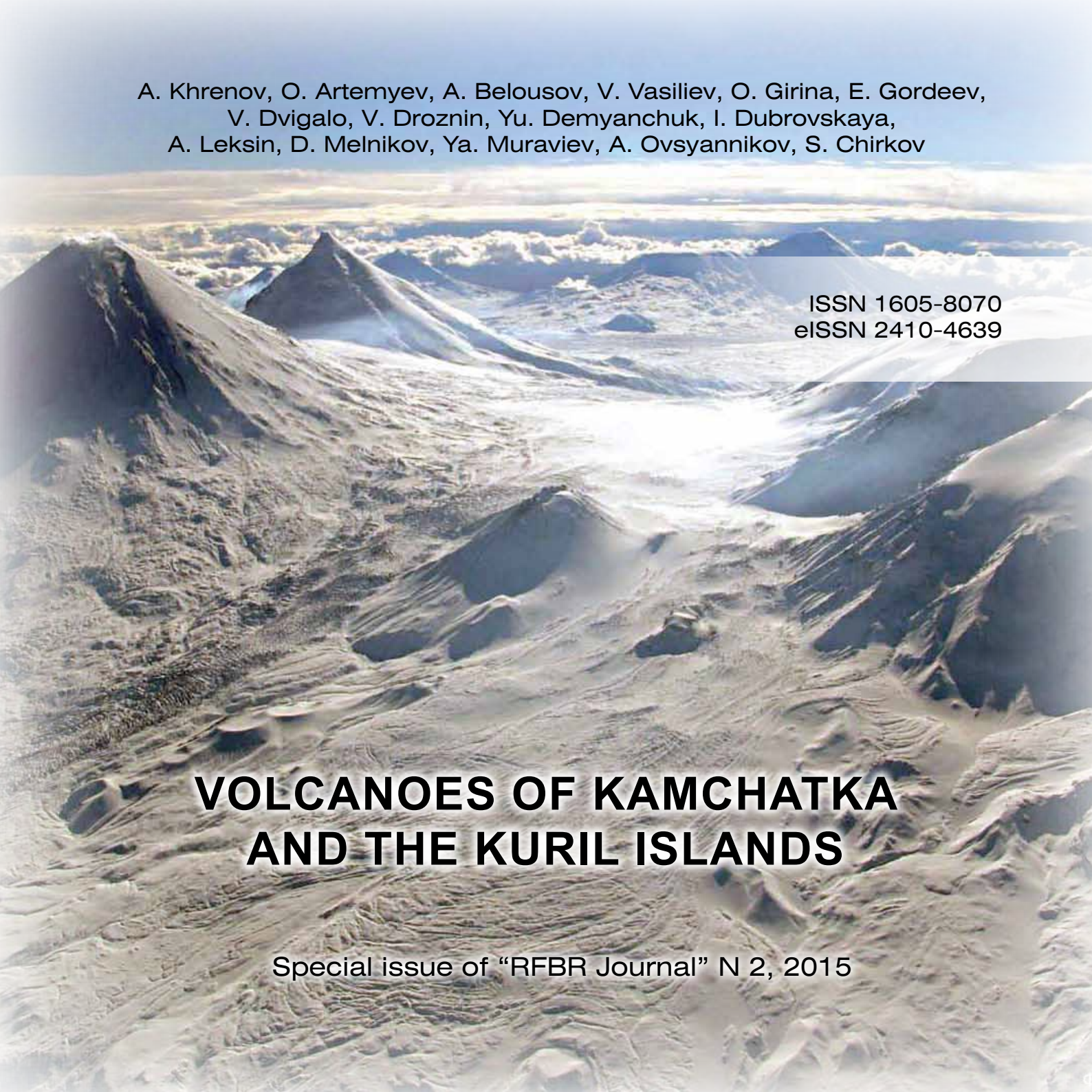




ВУЛКАНЫ КАМЧАТКИ И КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Специальный выпуск журнала «Вестник РФФИ» № 2, 2015

An aerial photograph of a volcanic landscape, likely on Kamchatka. The image shows several conical volcanic peaks of varying heights. In the center, there is a large, relatively flat area that appears to be a crater or a caldera, with some smaller peaks and ridges within it. The terrain is rugged and covered in ash or sand. The sky is clear and blue, and the overall lighting suggests a bright, sunny day.

A. Khrenov, O. Artemyev, A. Belousov, V. Vasiliev, O. Girina, E. Gordeev,
V. Dvigalo, V. Droznin, Yu. Demyanchuk, I. Dubrovskaya,
A. Leksin, D. Melnikov, Ya. Muraviev, A. Ovsyannikov, S. Chirkov

ISSN 1605-8070
eISSN 2410-4639

VOLCANOES OF KAMCHATKA AND THE KURIL ISLANDS

Special issue of "RFBR Journal" N 2, 2015

Вулканы играют важную роль в формировании верхних оболочек Земли, ее коры, атмосферы и гидросферы. Их воздействие на среду обитания по масштабам варьирует в широких пределах. Некоторые крупнейшие извержения в геологическом прошлом приводили к глобальным катастрофам. В историческое время крупные извержения неоднократно определяли судьбы больших групп людей и даже цивилизаций. Примером может служить извержение вулкана Санторин в 1470 г. до н.э. в Средиземном море, которое привело, как полагают, к исчезновению Атлантиды и Минойской культуры.

Человечество существует в одном мире с вулканами, часто имеющими непредсказуемый и очень опасный характер: то тихий, то слегка сердитый, то буйный, а то и громящий и уничтожающий все, что находится рядом с ними. И надо угадывать поведение этих беспокойных соседей, чтобы заранее принять меры, обеспечивающие защиту и смягчающие последствия их разрушительного поведения. Поэтому во многих странах существуют специальные службы и институты, которые занимаются изучением вулканов, оценкой и прогнозом их активности.

В нашей стране систематические вулканологические исследования начались в 1935 г. с созданием, по инициативе академиков Ф.Ю. Левинсон-Лессинга и А.Н. Заварицкого, в пос. Ключи на Камчатке Вулканологической станции АН СССР. В настоящее время проблемами вулканизма специализированно занимается Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Вулканологические исследова-

ния проводятся также в рамках ряда крупных Программ РАН, прежде всего Программы Президиума РАН № 4 по блоку «Вулканизм и его роль в формировании среды обитания».

В последние два десятилетия вулканологические исследования активно поддерживаются Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ). Регулярно выполняются проекты по грантам РФФИ (проекты №№ 94-05-17127, 01-07-90176, 04-05-79052, 05-07-90097, 13-07-12180, 13-05-00994, 14-05-92108 и др.), посвященные различным аспектам вулканологии, ежегодно организуются комплексные экспедиции, нацеленные на изучение особенностей проявления вулканической деятельности непосредственно на природных объектах. В 2014 г. появилась возможность привлечь к мониторингу вулканов наших космонавтов, работающих в составе 39/40 экспедиции на РС МКС.

В настоящем альбоме представлены фотоматериалы наземных, космических и самолетных исследований активных вулканов Камчатки и Курильских островов. Все без исключения фотографии являются уникальными, как и сам процесс извержения. Кроме материалов авторского коллектива, использованы фотографии Н. Смелова, А. Сокоренко, Ю. Дубика, А. Озерова, Ф. Юрчихина, С. Самойленко, А. Лобашевского, О. Федористова, А. Нечаева, А. Курчавова, И. Ерова, Н. Малик, В. Ящука и безвременно ушедших В. Подтабачного, В. Иванченко и В. Набойченко.

Авторы выражают благодарность Т.М. Махановой (ИГЕМ РАН) за помощь в подготовке оригинал-макета настоящего альбома.



Volcanoes play an important role in the formation of the Earth's upper layers, its crust, atmosphere and hydrosphere. Volcanic eruptions produce different sorts of effects on both environment and society. Some of the largest eruptions in the geological past have led to global catastrophes. Eruptions in ancient times posed a real threat to human lives and even civilizations. The Santorini volcano eruption in the Mediterranean in 1470 BC, for instance, is believed to have made the Atlantis and Minoan culture vanish.

Humanity exists in the same world with volcanoes. It means to live close to a very dangerous unpredictable neighbor, quiet, sometimes slightly angry, then suddenly violent, smashing and destroying everything that is next to it. One needs to predict the behavior of this troubled neighbor in order to ensure a timely protection and to mitigate possible losses. Therefore, in many countries there are special services and institutions engaged in studying volcanoes, conducting a risk assessment and forecasting their activity.

In our country, volcanological research and volcano monitoring began in 1935 with the formation of the Volcanological station of the USSR Academy of Sciences established upon the initiative of academicians F.Y. Levinson-Lessing and A.N. Zavaritsky in the village of Klyuchi, Kamchatka. Currently, the Institute of Volcanology and Seismology (FEB RAS) conducts studies different aspects of volcanoes and volcanic activity. Volcanological researches are also

carried out within the framework of numerous major RAS Programs, in particular, under the Program №4 of the RAS Presidium in 'Volcanism and its role in shaping of the environment' section.

In the last two decades, volcanological researches have been actively supported by the Russian Foundation for Basic Research. RFBR projects and grants devoted to various aspects of volcanology are conducted on a regular basis (projects NN 94-05-17127, 01-07-90176, 04-05-79052, 05-07-90097, 13-07-12180, 13-05-00994, 14-05-92108, etc.).

Annually, multidisciplinary expeditions are organized with the aim to study volcanic activity in different volcanic settings in Kamchatka. In 2014, our cosmonauts from the RS ISS Expedition 39/40 participated in the monitoring of volcanoes.

The album presents numerous pictures obtained in process of on-ground, outer space and aircraft studies of the active volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands. All photos are unique, just as the nature of eruption is. In addition to the authors' materials, this album contains photos by N. Smelov, A. Sokorenko, A. Ozerov, Yu. Yurchikhin, S. Samoilenko, A. Lobashevskiy, O. Fedoristov, A. Nechaev, A. Kurchavov, I. Erova, N. Malik, V. Yashuk and untimely deceased V. Podtobachniy, V. Ivanchenko and V. Naboichenko.

The authors are grateful to T.M. Makhanova and her assistance in preparing the dummy layout of the present album.

Ответственный редактор выпуска



ЯРМОЛЮК Владимир Викторович
Академик, Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии РАН

Vladimir V. Yarmolyuk
Academician RAS, Institute of Geology of Ore Deposits,
Petrography, Mineralogy and Geochemistry of RAS
e-mail: yarm@igem.ru

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ



АРТЕМЬЕВ Олег Германович
Космонавт
НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина

Oleg G. Artemyev
Cosmonaut
Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut
Training Center
e-mail: o.artemev@gctc.ru



БЕЛОУСОВ Александр Борисович
ИВиС ДВО РАН

Aleksandr B. Belousov
IVS FEB RAS
e-mail: belousov@kscnet.ru



ВАСИЛЬЕВ Валерий Иванович
НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина

Valery I. Vasiliev
Yu.A. Gagarin Research & Test
Cosmonaut Training Center
e-mail: v.vasilev@gctc.ru



ГОРДЕЕВ Евгений Ильич
Академик,
директор ИВиС ДВО РАН

Evgeny I. Gordeev
Academician RAS
Director of the IVS FEB RAS
e-mail: gordeev@kscnet.ru



ГИРИНА Ольга Алексеевна
ИВиС ДВО РАН

Olga A. Girina
IVS FEB RAS
e-mail: girina@kscnet.ru



ДВИГАЛО Виктор Николаевич
ИВиС ДВО РАН

Victor N. Dvigalo
IVS FEB RAS
e-mail: dvig@kscnet.ru



ДЕМЯНЧУК Юрий Владимирович
Начальник Камчатской вулканостанции
ИВиС ДВО РАН

Yury V. Demyanchuk
Head of the Kamchatka Volcanological
Station IVS FEB RAS
e-mail: demyanchuk.yu@yandex.ru



ДРОЗНИН Валерий Аркадьевич
ИВиС ДВО РАН

Valery A. Drozhnin
IVS FEB RAS
e-mail: dva@kscnet.ru



ДУБРОВСКАЯ Ирина Константиновна
ИВиС ДВО РАН

Irina K. Dubrovskay
IVS FEB RAS
e-mail: rik@kscnet.ru



ОВСЯННИКОВ Александр Алексеевич
ИВиС ДВО РАН

Aleksandr A. Ovsyannikov
IVS FEB RAS
e-mail: oval@kscnet.ru



ЛЕКСИН Алексей Борисович
ИГЕМ РАН

Aleksey B. Leksin
IGEM RAS
e-mail: lexin@igem.ru



ЧИРКОВ Сергей Анатольевич
ИВиС ДВО РАН

Sergey A. Chirkov
IVS FEB RAS
e-mail: chirkovsa@kscnet.ru



МЕЛЬНИКОВ Дмитрий Владимирович
ИВиС ДВО РАН

Dmitry V. Melnikov
IVS FEB RAS
e-mail: dvm@kscnet.ru



ХРЕНОВ Анатолий Петрович
ИГЕМ РАН

Anatoly P. Khrenov,
IGEM RAS
e-mail: khrenov@igem.ru



МУРАВЬЕВ Ярослав Дмитриевич
ИВиС ДВО РАН

Yaroslav D. Muraviev,
IVS FEB RAS
e-mail: murjd@kscnet.ru

ИВиС ДВО РАН – Институт вулканологии и сейсмологии
Дальневосточного отделения РАН.
683006, Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9.

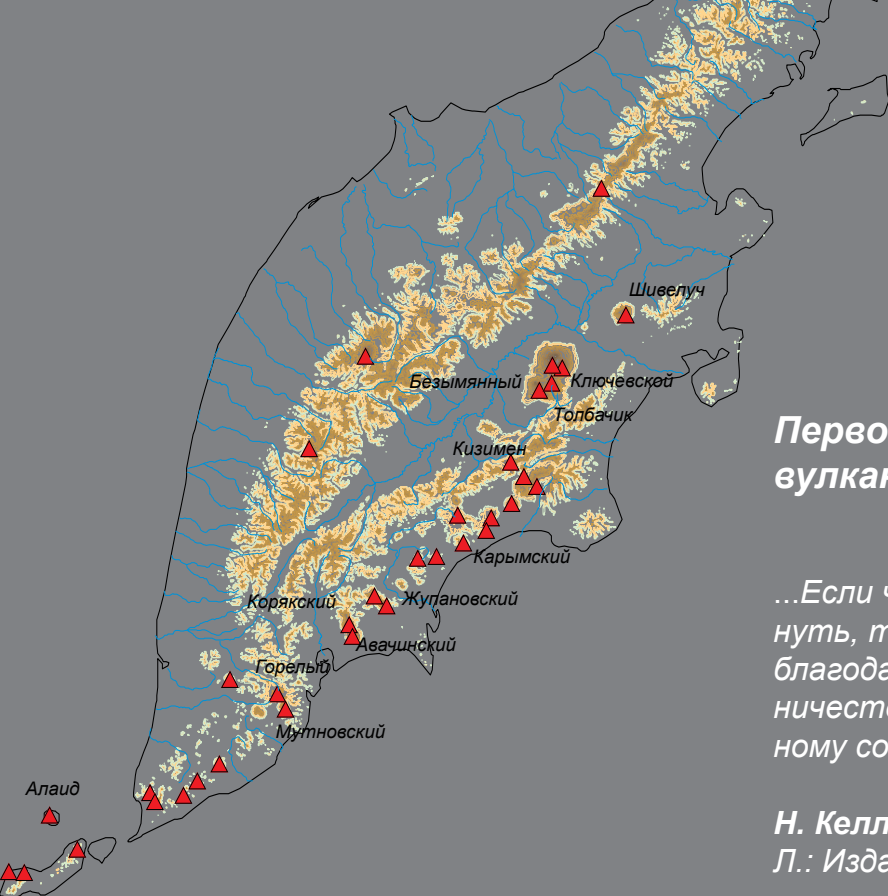
IVS FEB RAS – Institute of Volcanology and Seismology Far
Eastern Branch of RAS.
9, Piip Boulevard, 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

ИГЕМ РАН – Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии РАН.
119017, Москва, Старомонетный пер. 35

IGEM RAS – Institute of Geology of Ore Deposits,
Petrography, Mineralogy and Geochemistry of RAS
35, Staromonetny per., 119017, Moscow, Russia.

НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина – Научно-исследовательский
испытательный Центр подготовки космонавтов им. Ю.А.
Гагарина.
141160, Звездный городок, Московская обл.

Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center
Star City, 141160, Moscow Region, Russia



Первопроходцам, исследователям вулканов посвящается

*...Если чего-нибудь нам и удалось достиг-
нуть, то это в значительной степени
благодаря полному товарищескому сотру-
дничеству и постоянному, ничем не омрачен-
ному согласию...*

Н. Келль. Карта вулканов Камчатки.
Л.: Издание РГО. 1928.



ВУЛКАНЫ КАМЧАТКИ

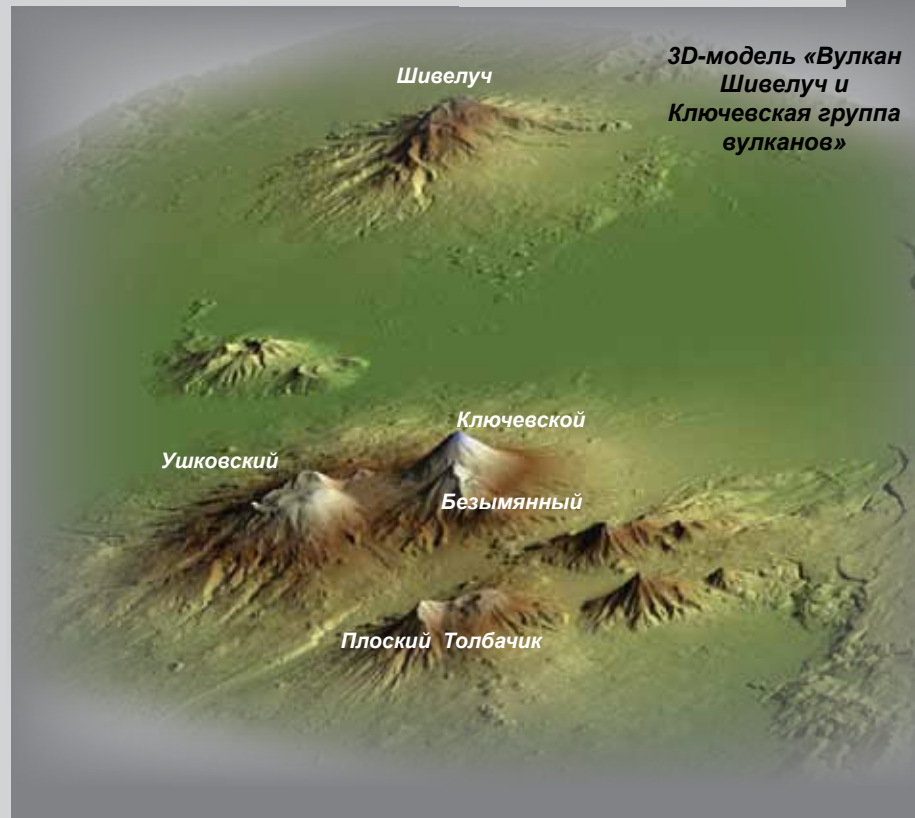
На Камчатке представлены все типы и формы проявления современного вулканизма нашей планеты, включая вулканы, способные к фреато-магматическим извержениям.

«Бриллиантовой» по праву считается Ключевская группа вулканов, расположенная в Центральной Камчатской Депрессии (ЦКД). По мнению академика А.Н. Заварицкого, – «это самая замечательная группа вулканов в мире» – она включает одиннадцать стратовулканов, четыре из которых – действующие [1]. В одной этой группе сосредоточены все типы и формы вулканических построек, главным образом, андезитового состава. И только вулканы Плоский Толбачик и Ключевской поставляют на поверхность базальты [2].

Стратовулканы Безымянный и Шивелуч после катастрофических извержений «направленного взрыва» в 1956 и 1964 гг. уже многие десятилетия находятся в экструзивно-эксплозивной стадии активности. Во вновь образованных кратерах происходит почти непрерывное формирование экструзивных куполов андезитового состава, рост которых сопровождается образованием раскаленных лавин и мощными

взрывами с выбросом газа и пепла на высоту более 10 км.

К другому типу стратовулканов относятся вулканы Ключевской и Карымский. Ключевской – самый активный и продуктивный в Курило-Камчатской островной дуге, он находится почти постоянно в стадии вершинных или побочных базальтовых извержений. В пределах постройки Ключевского вулкана доля магнезиальных базальтов по отношению к глиноземистым составляет менее процента. До сих пор



3D-модель «Вулкан Шивелуч и Ключевская группа вулканов»



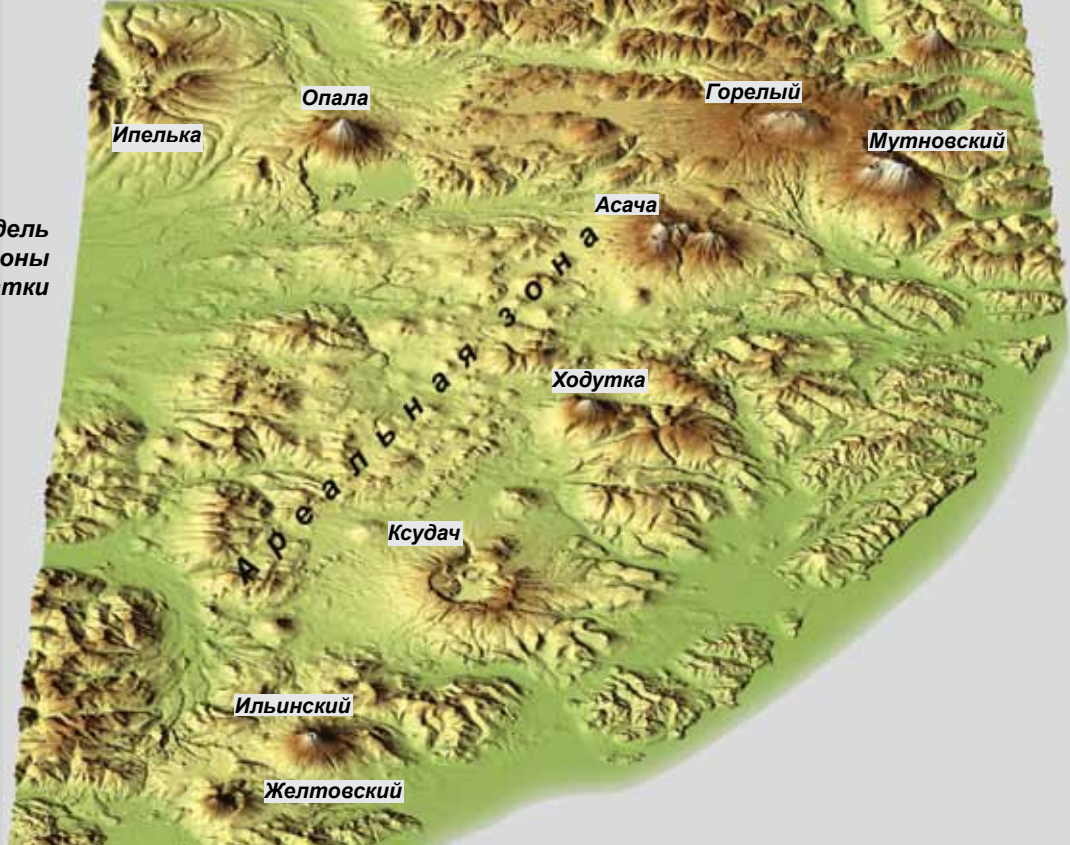
непонимание сложного процесса взаимоотношения глиноземистых и магнезиальных магм центрального и ареального вулканизма, на примере Ключевского дола, позволяет некоторым геохимикам рассуждать о первичном генезисе магнезиальных магм Ключевского вулкана, которые таковыми не являются. В Ключевской группе вулканов ареальные зоны шлаковых конусов северо-восточного простирания приурочены к подножьям вулканов Плоского Толбачика, Ключевского и Крестовского.

На вулкане Карымском происходят вершинные эксплозивно-эффузивные извержения, в его кратере перед излиянием андезидацитовых лав, как правило, формируется внутрикратерный эффузивный шлаковый конус. Вулканы Кизимен, Жупановский, Корякский и Авачинский извергаются не так часто, но по характеру и типам извержений относятся к вулканам, которые требуют пристального внимания из-за непредсказуемости характера их извержений. Вулканы Мутновский и Горелый единственные вулканы на Камчатке, способные к пароксизмальным фреато-магматическим извержениям. И, наконец, извержения вулкана Плоский Толбачик (гавайского типа) с его ареальной зоной характеризуются уникальностью.

Восточная вулканическая зона и вулканы Ключевской группы. Космоснимок NASA, 12.09.2014 г.

(http://www.earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=84427&eocn=image&eoci=related_imageIOTD/view.php?id=84427&eocn=image&eoci=related_image)

3D-модель
ареальной зоны
Юга Камчатки



ми для Камчатки трещинными извержениями 1975–76 и 2012–2013 гг. с излиянием большого объема жидких, подвижных базальтовых лавовых потоков.

На территории Камчатки, как и в других переходных зонах «континент – океан», магнезиальные базальты достаточно редки и встречаются обычно лишь среди базальтов одноактных форм ареальных зон, или в виде отдельных потоков в постройках некоторых вулканов центрального типа, или в редких вулканических центрах, как например в вулканах Харчинский и Заречный, которые, в свою очередь, могут быть отнесены к продуктам ареального вулканизма. На Камчатке среди вулканов центрального типа известно несколько

зон распространения ареального или многовыходного вулканизма в виде шлаковых конусов или моногенных вулканов. Наиболее хорошо описана и изучена самая большая зона ареального вулканизма Срединного хребта общей площадью более 2500 км² и насчитывающая более 1000 эруптивных центров. На юге Камчатки ареальная зона протянулась от вулкана Вилючик на севере до Курильского озера на юге.

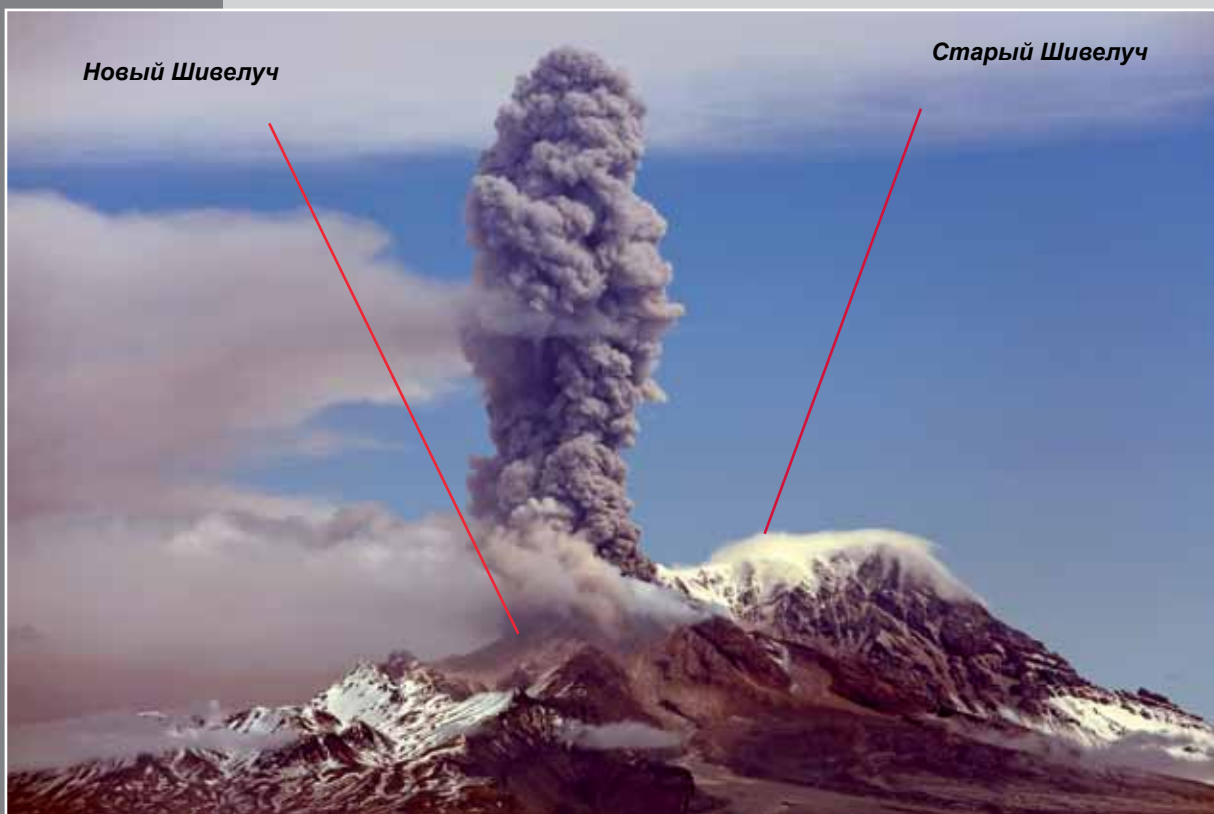
Петрохимический состав продуктов ареального вулканизма различных зон весьма близок, а наблюдаемые различия связаны с базальтами глиноземистого или магнезиального состава, которые в ареальных зонах Камчатки доминируют [3].

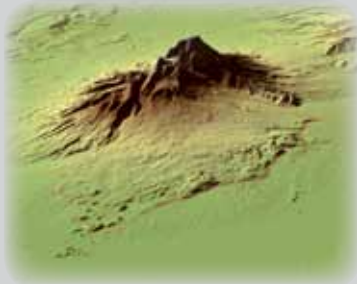


Фото С.А. Конради, 1910 г.

ВУЛКАН ШИВЕЛУЧ

Вулкан Шивелуч – самый северный из действующих вулканов Камчатки, представляет одно из крупнейших вулканических сооружений на полуострове. Он расположен в северной части центральной Камчатской Депрессии, на пересечении Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Современная постройка вулкана – это вулканический массив сложного строения андезитового состава, образованный Старым (3283 м) и Новым (2800 м) Шивелучем, на котором в настоящее время и сосредоточена эруптивная деятельность [4–6].





**3D-модель вулкана.
Оконтурены отложения
извержения 1964 г.**



Старый Шивелуч, фото С.А. Конради, 1910 г.

После катастрофического извержения 12 ноября 1964 г., когда мощным взрывом был разрушен купол Суелич и на высоту до 15 км

выброшено около $2,5 \text{ км}^3$ пирокластического материала, в кратере вулкана до 1980 г. сохранялась лишь фумарольная активность.



**Кратер вулкана Новый Шивелуч после
катастрофического извержения в 1964 г. Полностью
разрушен купол Суелич, на его месте отдельные
фумаролы**



Отложения направленного взрыва после катастрофического извержения в ноябре 1964 г. Роскосмос, МКС-15, 2007 г.



Разрушительные последствия лахара



Отложения пирокластического потока





Извержение в мае 2004 г.



Состояние экструзивного купола в разные периоды своего роста и формирования после извержения в 1980 г.



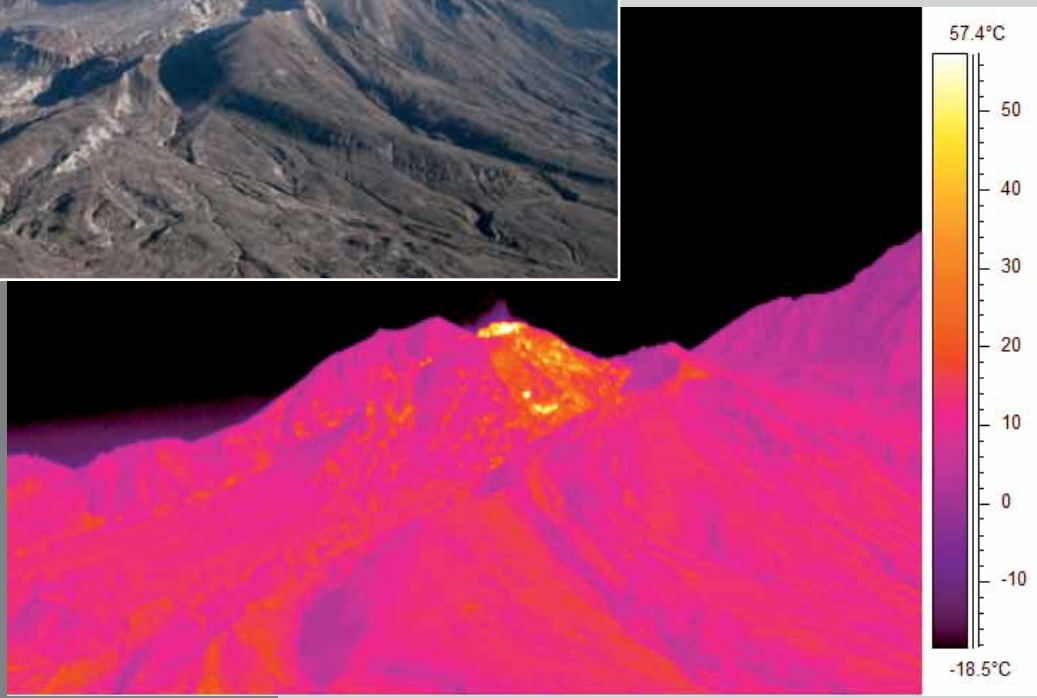
*На вершине купола Молодой
с июня 2012 г. стали выжиматься
и «развальцовываться» пластичные блоки лавы*

С ноября 1980 г. стал расти и формироваться экструзивный купол Молодой.

Для вулкана характерны два типа извержений: катастрофические взрывы и эксплозивно-экструзивные – умеренные по силе извержения, сопровождающие формирование и рост экструзивного купола. С постоянной регулярностью, примерно раз в 2–4 года, происходит рост новых блоков экструзивных куполов, которые сопровождаются образованием раскаленных лавин и пирокластических



*Купол Молодой
в видимом и ИК-
диапазонах*





*Пароксизмальные
взрывы на куполе
в 2006 г.*



потоков, лахар и селевых (грязе-
вых) потоков [6, 7].

Периодически на куполе проис-
ходят мощные взрывы, нагружен-
ная пеплом эруптивная колонна
поднимается на высоту до 10 км,

*Пароксизмальный
взрыв на куполе
в 2014 г.*





*Эруптивная колонна
развивается и на высоте
более 10 км достигает
стратосферы.
Роскосмос, МКС 39/40,
14.07.2014*



*Эруптивная
колонна, 2014 г.*



**Аэрозольные шлейфы от вулканов Шивелуч и Ключевского протягиваются на сотни километров.
Роскосмос, МКС 39/40, 18.07.2014**

**Состояние экструзивного купола Молодой.
Купол частично разрушен**

что представляет собой опасность для авиации в Северном полушарии.

В случае катастрофического извержения экструзивного купола Молодой, масштаб извержения может быть соизмерим с мощностью разрушений ноября 1964 г.





Фото С.А. Конради, 1910 г.

ВУЛКАН КЛЮЧЕВСКОЙ

Вулкан Ключевской – самый высокий из действующих вулканов Евразии и один из самых активных, продуктивных и мощных базальтовых вулканов мира. Входит в Ключевскую группу вулканов и располагается на стыке Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Не случайно А.Н. Заварицкий, В.И. Влодавец, С.И. Набоко и Б.И. Пийп считали его главным вулканом Курило-Камчатского вулканического пояса. Объем вулкана – около 250 км³, средняя скорость расхода магмы для этого молодого гигантского стратовулкана составляет





*Северная группа вулканов. Вулканы Шивелуч и Ключевской находятся в стадии извержения.
Роскосмос, МКС 24/25, 2010 г.*

60–106 млн т в год. На него приходится половина ювенильных продуктов всего Курило-Камчатского пояса. Разнообразная динамика извержений и постоянная вулканическая активность позволяет считать его идеальным полигоном для вулканологических исследований [2, 4, 8–13].

Его именем названа «самая замечательная группа вулканов на Камчатке». В Ключевскую группу входят 11 вулканов, 4 из них – действующие: Ключевской, Безымянный, Ушковский и Плоский Толбачик.



*Редчайшее пароксизмальное извержение
вулкана 1 октября 1994 г.*



Вершинное извержение. Лавовый поток из кратера изливается по желобу, создавая иллюзию зияющей трещины на склоне. Подобные явления наблюдались неоднократно в прошлые века.

Ключевской вулкан возник в голоценовое время на склонах более древних вулканов-гигантов – Крестовского и Камня, его возраст равен возрасту египетских пирамид и близок к 7 тыс. лет.

Идеально правильной формы конус с абсолютной высотой более 4850 м бронируется ледниками и лавовыми потоками базальта.

Характерной чертой эруптивной деятельности Ключевского вулкана являются почти постоянная активность в его вершинном кратере и возникновение по радиальным трещинам на его склонах побочных прорывов на разных гипсометрических уровнях – от 900 до 4300 м [5,10,14].

*Начало слабого
эксплозивного
извержения в
вершинном кратере*



*Побочный прорыв
на юго-восточном
склоне вулкана*



Вершинный кратер вулкана постоянно активен и изменяет свою морфологию во время или после пароксизмальных извержений, а также и в межэруптивных периоды. Вершинные извержения всегда более продолжительны, чем побочные, и носят, главным образом, эксплозивный или, как в конце XX и в начале XXI веков, эксплозивно-эффузивный характер [13].

*Состояние кратера
вулкана в разные
годы*



*Многочисленные
шлаковые конусы
(моногенные вулканы)
и эруптивные
центры на склонах
вулкана*



В настоящее время на склонах вулкана сохранилось более 100 шлаковых конусов, которые частично относятся к побочным прорывам, а большинство из них – продукты ареального вулканизма.





Общий вид лавового поля прорыва Предсказанный в апреле 1983 г.

С 1945 по 1990 гг. на склонах вулкана произошло 16 побочных прорывов с образованием эруптивных центров и излиянием лавовых потоков, имеющих различную форму, длину и объем. Они достаточно хорошо описаны и изучены [13].



Только за период с 1980 по 1990 гг. на склоны вулкана было излито более 50 лавовых потоков постоянного базальтового состава в зависимости от высоты прорыва эруптивного центра (1800–4780 м). В качестве примера ниже приводится краткая характеристика некоторых прорывов.

Прорыв Предсказанный. 28 февраля 1983 г. в 4 ч 7 мин по Гринвичу произошло землетрясение силой 3 балла на северо-восточном склоне Ключевского вулкана с очагом на глубине около 10

км и эпицентром в 3 км от центрального кратера по азимуту 70° . Заведующим лабораторией прогноза и механизма извержений Института вулканологии ДВНЦ АН СССР П.И. Токаревым [15] был сделан оперативный официальный прогноз о месте и времени возможного нового побочного извержения с 4 по 9 марта 1983 г.

Извержение началось 8 марта 1983 г. на перегибе восточного склона вулкана между крутой ($25\text{--}30^\circ$) вершинной частью конуса и более пологим участком, постепенно спускающимся к подножию постройки под углом не более 15° . Прорыв магмы произошел на высоте 2875 м над уровнем моря по трещине длиной около 200 м.

Лава продолжала поступать на поверхность из одного эруптивного центра, а ее транспортировка к удаленным боккам осу-



Лавовая река внутри лавового поля

Вторичный источник лавы



ществлялась по лавоводам, сформировавшимся в теле нового лавового поля. В мае началась перестройка в динамике извержения – расход лавы сократился до $5 \text{ м}^3/\text{с}$, произошло отмирание лавоводов, исток лавы вновь вернулся к подножию шлакового конуса. Истощение и закрытие лавовых бокк происходило постепенно снизу вверх. 27 июня извержение закончилось.



Таким образом, побочное извержение Предсказанное продолжалось 112 суток. Оно практически было чисто эффузивным. В течение всего времени извержения происходила слабая взрывная деятельность с редкими выплесками лавы без единого пеплового выброса. Главной особенностью прорыва Предсказанный было сохранение одного эруптивного центра в ходе извержения и образование лавоводов (лавовых труб), в результате чего возникали дополнительные истоки лавы на значительном расстоянии от конуса.

Началом нового эруптивного цикла можно считать 6 апреля 1984 г., когда над кромкой вершинного кратера появились первые редкие выбросы вулканических бомб на высоту до 100 м. Изредка над кратером периодически появлялись газовые кольца. Впервые такие образования над Ключевским вулканом наблюдались А.А. Меняйловым еще в 1937 г.



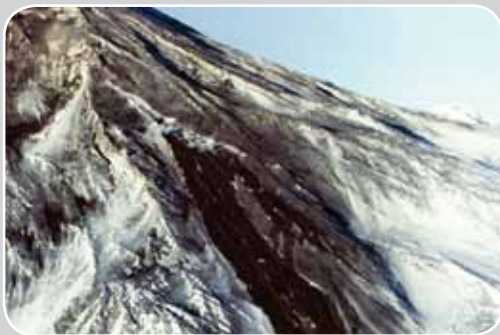
*Шлаковый конус
и исток лавы*



Первый эруптивный центр



Второй эруптивный центр



Лава изливается одновременно на трех уровнях, 1987 г.

22 мая 1984 г. на северный склон вулкана по Крестовскому желобу начал изливаться первый лавовый поток. Его истоком служила одна из трех эффузивных бокк у подножья внутрикратерного шлакового конуса. К середине июня лава почти полностью заполнила полость кратера, образовав новую вершину.

Редкое событие наблюдалось в феврале 1987 г., когда лава изливалась одновременно из трех эруптивных центров: из вершинного кратера и из трещин на юго-восточном склоне вулкана.

Второй эруптивный центр возник по трещине ориентированной поперек склона вулкана на высоте 3800-3400 м. Из нее по всей длине излился небольшого объема узкий лавовый поток (прорыв Предвиденный)



Третий эруптивный центр

На высоте 3400–3800 м открылась новая поперечная трещина, и из ее центральной части, без взрывов, излился небольшой лавовый поток, а 6 марта ниже по склону, на перевале между вулканами Ключевским и Камнем в леднике Шмидта на высоте 2600 м, произошло образование нового эруптивного центра и из него излилась еще одна небольшая порция дегазированной лавы. Эти прорывы мы считаем единым извержением из разных эруптивных центров, он получил название – **Предвиденный**.



*Побочное извержение
им. XXV-летия ИВ, 1988 г.*

29 января 1988 г. на юго-восточном склоне вулкана, выше прорыва Предвиденного, на высоте 4300 м, был обнаружен новый лавовый поток. Извержение получило название **им. XXV-летия Института вулканологии (ИВ)**. Это побочное извержение продолжалось 230 суток и напоминало побочное извержение 1983 г., но было более однообразным и монотонным. Расход лавы был равномерным в ходе всего извержения и не превышал $4 \text{ м}^3/\text{с}$.

Выше истока лавы, на трещине, наблюдалось уникальное явление – эруптивный центр диаметром около 10 м, в котором длительное время стояло лавовое озеро, с застывавшей поверхностью лавы типа пахое-хое.

Иногда на поверхности озера вздымались газовые пузыри диаметром до 3 м, во время газовых продувок они разрывались и лава выплескивалась через борта. Поверхность озера часто представляла собой застывшие волны, а по периферии – плотно уложенные по кругу канаты до 0,5 м в поперечнике. По трещине, между этим озером и истоком лавы, периодически выжимались миниатюрные горнитосы высотой до 1 м и диаметром 0,5 м. Вытекающие из-под них «миниатюрные» лавовые потоки длиной до 3 м, шириной 1 м и мощностью 30–40 см растаскивали их в течение нескольких минут.



Исток лавы на высоте 4300 м



Лавовое
озеро

Исток лавы

*Исток лавы побочного
извержения 1988 г. на
высоте 4360 м*



Ледяная спутница

*Лавовое озеро
с канатной
поверхностью
выше основного
истока лавы*



*Отбор образцов лавы и газов
на истоке*



26 июля 1989 г. на восточном склоне вулкана на высоте 4100 м произошло побочное эффузивное извержение (*им. Скуридина*), которое закончилось одновременно с пароксизмальным извержением вершинного кратера и разрушением острой вершины в феврале 1990 г. Динамика этого побочного прорыва точно повторяла динамику таких побочных извержений, как Предсказанный в 1983 г. и XXV-летие ИВ в 1988 г. Лавовый поток в течение 198 суток двумя ярко выраженными рукавами спускался вниз по склону до высоты 3600 м. Это было одно из самых продолжительных побочных извержений. С тех пор новых побочных прорывов на вулкане не происходило.

Следующее извержение в вершинном кратере вулкана началось 1 октября 1994 г. Это было пароксизмальное извержение уникальной силы, подобного которому никто в XX веке на этом вулкане не наблюдал, продолжавшееся не менее 9 часов, от начала и до конца наблюдавшееся группой специально прилетевших вулканологов. Оно

A photograph capturing a powerful volcanic eruption. A thick, dark plume of ash and smoke billows upwards from a volcano, dominating the sky. The plume has a complex, cauliflower-like texture with various shades of grey, black, and brown. At the base of the main plume, near the crater rim, there are bright red and orange spots, likely molten lava. The foreground shows the dark, rugged slopes of the volcano. The sky is a clear, pale blue.

*Пароксизмальный
взрыв
1 октября 1994 г.*



*Вид из космоса на пароксизмальный взрыв 1 октября 1994 г.
(<http://visibleearth.nasa.gov>)*

было зафиксировано как с Земли, так и из космоса.

Сильные отдельные веерообразные взрывы на высоту до 1000 м сменялись продолжительными газопепловыми продувками. Эруптивное облако, нагруженное пеплом, достигало высоты 10–12 км. В эти дни пепловые частицы и аэрозоли прошли сквозь тропопаузу (ее высота в это время 9 км) и были занесены в стратосферу. Ось пеплопада протягивалась до океана в юго-восточном направлении на 600 км. Несколько авиакомпаний отменили свои полеты в Тихоокеанском регионе.

В 1984, 1985, 1989, 1994, 2005 гг. во время излияния лавовых потоков по Крестовскому желобу на восточном склоне вулкана, в результате взаимодействия лавы с ледником, происходили фреатические взрывы, образовывались лахары, перекрывшие и



*Излияние лавы по
Крестовскому желобу и
фреатический взрыв*



Фронт лавового потока из вершинного кратера «уткнулся» в ледник Богдановича, 12.10.2013 г.

разрушившие автомобильные дороги в районе г. Ключи.

В 2005 г. в кратере вулкана возобновилась эксплозивно-эффузивная активность и продолжается до сих пор.

Осенью 2013 г., почти сразу после прекращения трещинного извержения в районе Плоского Толбачика, глыбовые лавовые потоки тремя рукавами стали изливаться на юго-западный и северо-западный склоны вулкана.



*Общее состояние кратера в октябре 2013 г.
Исток лавы в вершинном кратере*





Извержения Ключевского вулкана не несут постоянной непосредственной угрозы разрушения для населенных пунктов, расположенных в его окрестностях.

В 1988–90 гг. во время извержения вулкана, на его восточном склоне, в прикратерной части, была обнаружена система дугообразных трещин. Их возникновение и дальнейшее развитие может привести к катастрофическому обрушению склона, наподобие того, что произошло на вулкане Камень.

Для прогнозирования обрушения вулкана целесообразно провести и сопоставить результаты радиолокационной съемки одновременно в различных диапазонах длин волн. Их изображения позволят идентифицировать структуру внутренних полостей вулкана и оценить вероятность его обрушения [4].



Фото С.А. Конради, 1910 г.

ВУЛКАН БЕЗЫМЯННЫЙ

Андезитовый стратовулкан Безымянный до 1955 г. считался потухшим. Привершинная часть вулкана бронирована короткими лавовыми потоками доисторических извержений, у подножья расположено не менее 16 экструзивных куполов. Непродолжительная активизация в октябре 1955 г. в виде фумарольной деятельности и довольно слабых эксплозий привела к образованию небольшого вершинного кратера, а 30 марта 1956 г. произошло катастрофическое извержение, впервые классифицированное Г.С. Горшковым и Г.Е. Богоявленской как извержение типа «направленный взрыв». Абсолютная высота вулкана – 3075 м до извержения, понизилась до 2882 м.





*Вулканы Безымянный
(до извержения 1956 г.),
Камень и Ключевской*

В результате этого извержения была снесена на 2/3 постройка вулкана, выброшено более 3 км³ пород. Эруптивная колонна, нагруженная пеплом, достигла высоты более 40 км. С тех пор на месте вновь образованной кальдеры, в центральной ее части, происходит рост и формирование андезитового экструзивного купола с периодическим его разрушением. Это одно из исторических извержений такого типа, которое продолжает детально изучаться вулканологами с самого начала. В 2006 г. международным вулканологическим сообществом был отмечен 50-летний юбилей со дня катастрофического извержения этого вулкана [4, 16].

За полувековую историю на куполе, получившем название Новый, один или несколько раз в год происходят эксплозивные, эксплозивно-эструзивные, а с 1977 г. даже эксплозивно-эффузивные извержения. На куполе появились первые порции вязкой лавы в виде коротких крупно-глыбовых лавовых потоков. Рост купола







Извержение 30 марта 1956 г.

*30 марта 1956 г.
фото Ерв У.В.*

*Мощный взрыв
с последующей
парогазовой
продувкой на куполе*





Образование пирокластических потоков и сход раскаленных лавин

постоянно сопровождается мощными взрывами, образованием раскаленных лавин, пирокластическими потоками и лахарами. Среди эксплозивных извержений, сопровождающих рост купола, можно условно выделить относительно сильные извержения 1977, 1979, 1985, 1993, 2001, 2006 и 2010 годов.

Результаты многолетних режимных наблюдений за состоянием купола позволили сделать вывод об его ежегодной мартовской активизации, которая сопровождается выдавливанием новых блоков лавы с образованием раскаленных лавин и лахар.

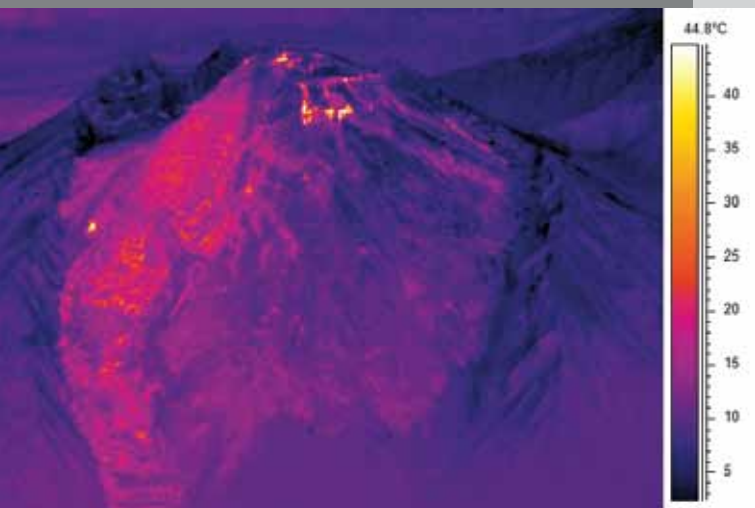
Анализ динамики формирования экструзивного купола и его эруптивной активности



Лавовый обелиск на экструзивном куполе



Наиболее протяженные пирокластические потоки, связанные с ростом купола Новый, прошли расстояние 12,5 км (1985 г.)



Экструзивный купол Новый в видимом и ИК-диапазоне

позволяют считать, что процессы его разрушения и роста обелисков на нем будут продолжаться [7].

Периодически на вулкане происходят пароксизмальные взрывы, которые приводят к частичному разрушению купола. Эруптивные облака, нагруженные пеплом, достигают высоты более 10 км.

Вид из пос. Ключи на пароксизмальный взрыв (02.09.2012) на вулкане Безымянном





Вулкан Безымянный, как и вулкан Шивелуч, характеризуются схожими экструзивно-эксплозивными извержениями. Хотя оба вулкана не представляют непосредственной угрозы для жизнедеятельности людей из-за достаточно большой удаленности и изолированности вулканов от населенных пунктов, но они создают реальную опасность для авиации в случае пароксизмальных эксплозивных извержений, по-

этому находится под пристальным вниманием вулканологов.

Вулкан находится в активной стадии извержения и расход магмы у него практически постоянный, поэтому в обозримом будущем не предвидится неожиданного изменения динамики этого процесса. Катастрофические извержения вулканов этого типа обычно происходят после длительных (сотни лет) периодов покоя.



Острый Толбачик

ВУЛКАН ПЛОСКИЙ ТОЛБАЧИК

Вулкан Плоский Толбачик – базальтовый стратовулкан высотой 3085 м над уровнем моря, слившийся с потухшим вулканом Острый Толбачик, расположен в юго-западной части Ключевской группы вулканов. Это единственный действующий вулкан на Камчатке, относящийся к вулканам гавайского типа, изливающий на поверхность жидкие

лавы с канатной поверхностью типа пахоехое. На его платообразной вершине диаметром 3 км, эксцентрично располагался кратер, представляющий собой отвесный колодец диаметром примерно 250 м и глубиной около 170 м. Периодически на дне его жерла появлялось лавовое озеро, которое сопровождалось свечением и слабым фонтанированием лавы внутри кратера.



Плоский Толбачик

*Мегаплагиофировые
кристалло-лапилли*

С поверхности лавового озера изредка и вместе с парогазовыми продувками выбрасывались уникальные образования – мегаплагифириновые кристалло-лапилли в виде многогранных сростков плагиоклаза – «ежиков», напоминающих по форме и размерами грецкий орех. Реже появлялись специфические отдельные образования – капельки вулканического стекла (обсидиана) в виде «слез Пеле», характерных для извержений Гавайских вулканов и совсем редко длинные стекловатые нити – «волосы Пеле». Последняя такая эруптивная активность вулкана наблюдалась осенью 1970 г.

В августе 1975 г., во время извержения Новых Толбачинских вулканов, произошло редчайшее явление – на вершине вулкана, на месте небольшого кратера образовалась новая вершинная кальдера обрушения диаметром более 1800 м и глубиной 450–500 м. Образование кальдеры сопровождалось появлением над вершиной вулкана слабых выбросов резургентного пирокластического материала как следствие интенсивного разрушения и обрушения. В первые два года

Момент образования новой вершинной кальдеры в августе 1975 г.



*Колодцеобразный кратер на вершине
Плоского Толбачика до образования
кальдеры*



после извержения на дне вновь образованной кальдеры появлялось неглубокое кислотное озеро бирюзового цвета и многочисленные фумаролы по его берегам и в нижних частях крутых стенок кальдеры [5, 17].

*Вновь образованная кальдера обрушения
на вершине Плоского Толбачика*



Ареальная зона Плоского Толбачика

Ареальная зона Плоского Толбачика представляет собой обширное лавовое плато, на высоте 800–900 м над уровнем моря, с многочисленными шлаковыми конусами (монокенными вулканами). Эта зона протянулась на 20 км на северо-запад и более чем на 40 км на юго-запад от кратера Плоского Толбачика.

На склонах вулкана и на Толбачинском долу расположено более 120 шлаковых конусов базальтового состава. В историческое время в ареальной зоне произошло три трещинных извержения – 1941, 1975, 2012 гг. Ниже приведены некоторые материалы наблюдений за последними двумя извержениями [3, 13, 17, 18].

Большое трещинное Толбачинское извержение (БТТИ), время и место начала которого было успешно предсказано Павлом Ивановичем Токаревым, началось 6 июля 1975 г. в 18 км на юг от кратера вулкана [19].

В результате этого длительного трещинного извержения ареального типа последовательно образовалось четыре больших Новых Толбачинских вулкана (шлаковых конусов)



Фонтанирование лавы по трещине перед рождением вулкана



и сформировались лавовые поля. Динамика извержения Первого конуса и история его формирования с некоторыми особенностями повторилась при образовании последующих трех конусов. Из-за последующих событий эту группу вулканов называли Северным Прорывом.

В первые часы извержения эруптивный центр представлял собой трещину, по которой происходило фонтанирование лавы из четырех эксплозивных жерл. Через трое суток извержение локализовалось в одном жерле. Высота выброса бомб в среднем была 300–500 м над кратером, высота столба пепла достигала 5 км, а радиус разлета бомб составлял более 700 м. Интенсивность эксплозивной активности неуклонно нарастала и на четвертый день вышла на «основной режим». Он характеризовался непрерывным, практически равномерным выносом огромного объема бомб, шлака и пепла в мощной газовой струе. Раскаленный пирокластический материал образовывал огнен-



Олег Волынец, академик Георгий Флеров, Анатолий Чирков

ную свечу высотой от 1 до 2,5 км, а газопепловая колонна поднималась до 8–12 км. Пепловый шлейф от тучи извержения распространялся на расстояние более 1000 км. На вторую неделю извержения шлаковый конус уже приобрел почти правильную форму усеченного конуса высотой до 130 м, с диаметром кратера около 150 м, основания – 700 м. Такая динамика формирования шлакового конуса оказалась общей для всех новых вулканов БТТИ.



*Электрические разряды в виде молний
сопровождали “каменные” факелы, которые
достигали высоты 500 м*



Лавовая бокка Первого конуса

В пределах эруптивной тучи часто, иногда с интервалом всего в несколько секунд, наблюдались мощные электрические разряды в виде линейных молний. Разлет бомб до 50 см в поперечнике достигал более 2 км. Такой режим сохранялся до 27 июля, когда из кратера вулкана начались лавовые выплески, а через 2 дня из трещины, образованной на соседнем старом конусе «1004», стал вытекать первый лавовый поток магнезиальных базальтов.

Через несколько дней на противоположном южном склоне конуса, у его подножия образовалась новая лавовая бокка, из которой вытек второй глыбовый лавовый поток такого же состава. Лавовые потоки сожгли лес и уничтожили небольшие водоемы с водой, которых и так было мало в этих окрестностях.

*Жидкие шлако-глыбовые лавовые
потоки к концу извержения несколькими
рукавами и со скоростью более 5 км/ч
растекались на расстояние более 3 км
от истока*





Лавовые потоки конца извержения



Открылась лавовая бокка и извержение вступило в эксплозивно-эффузивную стадию

Утром 9 августа извержение Первого конуса прекратилось, а через 12 часов в 350 м севернее его подножья вскрылась трещина длиной около 400 м. Вдоль трещины из 11 мигрирующих жерл происходило напряженное фонтанирование лавы на высоту 50–150 м.

Через два часа произошло отмирание периферийных жерл и основная эруптивная деятельность сфокусировалась в четырех жерлах. Через сутки эруптивная деятельность продолжалась уже из одного кратера, который послужил центром образования Второго конуса. Его деятельность была самой продолжительной из всех остальных конусов Северного Прорыва.

Динамика извержения повторяла историю Первого конуса, с тем лишь отличием, что в начале его формирования эксплозивные жерла по краям трещины превратились в лавовые бокки, из которых излились небольшие глыбовые порции лавы. Затем динамика извержения вышла на «основной режим». 12 августа из центрального жерла начал изливаться мощный крупноглыбовый лавовый поток. 16 августа севернее конуса обра-



Глыбовые лавовые потоки быстро достигли леса

зовалась система зияющих трещин. Длина их составляла от 0,7 до 1,2 км, ширина – до 1,5 м на поверхности. На следующий день у восточного края поля трещин лава вновь прорвалась на поверхность, дав рождение небольшому Третьему конусу. Его формирование происходило скоротечнее и интенсивнее, чем Второго.

В ночь с 21 на 22 августа к западу от конуса по системе трещин образовалась группа лавовых котлов. Из одного из них излился небольшой лавовый поток длиной 1 км и мощностью до 5 м. Днем 25 августа практически одновременно прекратились извержения Третьего конуса и группы лавовых котлов. Вся дальнейшая эруптивная деятельность Северного Прорыва сосредоточилась на Втором конусе.

Магмоподводящие трещины в районе извержения



Образование лавовых котлов между Вторым и Третьим конусами



Одновременное извержение Первого и Второго конусов





*Заключительные образцы с лавового
потока Северного прорыва БТТИ,
13 сентября 1975 г.*

Мощность потоков на фронте составляла всего 0,8–2,0 м, ширина – более 1–2 км, а длина – 3 км.

Эксплозивная активность конуса после этого усилилась, но стали преобладать периоды покоя и полного затишья. Утром 15 сентября эксплозивно-эффузивная деятельность конуса резко прекратилась, завершив тем самым на 72-й день извержение Северного Прорыва [20].

Его активность повторила динамику Первого, но с большим количеством пароксизмов и разнообразием эффузивной деятельности.

В конце активности Северного Прорыва произошло изменение в динамике Второго конуса, когда 8 сентября на трещине, секущей подножие конуса, образовались новые лавовые бокки. Несколько часов из них происходило слабое фонтанирование, а затем из одной из них излились жидкие лавовые потоки базальтового состава, со скоростью 6 км/час. Они быстро перекрыли небольшое озерцо, удаленное от истока на 2 км, в результате чего на лавовом потоке произошел фреатический взрыв с выбросом кусков лавы, покрытых стекловатой коркой закаливания.

*Район извержения в
видимом диапазоне
(Zeiss)*



*Общий вид на Северный
прорыв БТТИ*





Исток лавы из бокки шлакового конуса Южного прорыва



Шлаковый конус с лавовой боккой Южного прорыва

Через два дня, 18 сентября, извержение возобновилось в 10 км к юго-западу от Первого конуса Северного Прорыва в той же ареальной зоне шлаковых конусов и было названо Южным Прорывом. Вскрылась трещина северо-западного простира-ния длиной более 200 м.

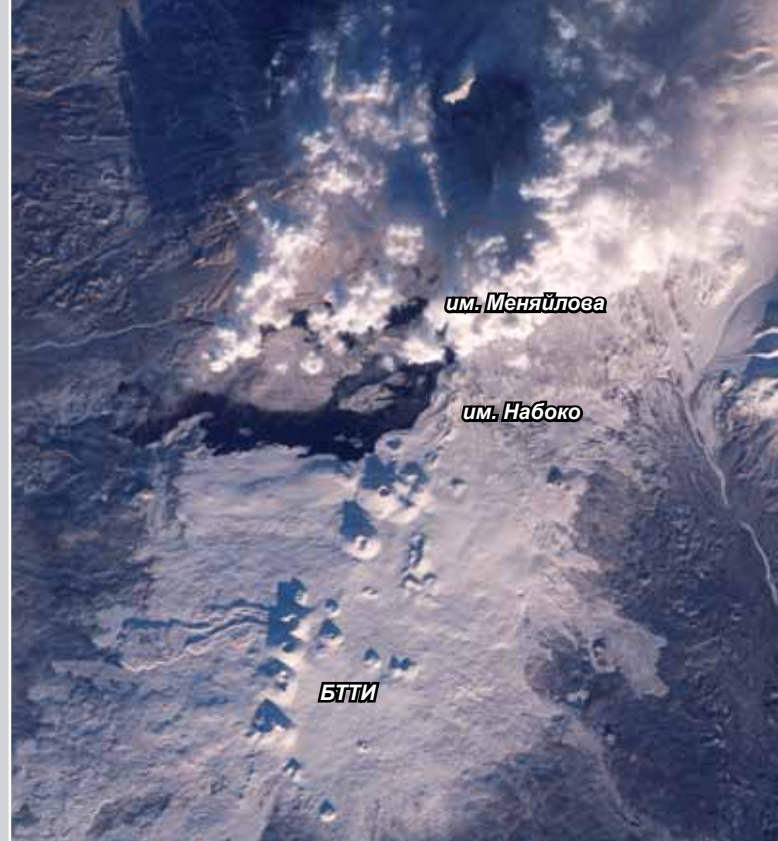
В целом динамика извержения Южного Прорыва была мо-нотонной, и такого разнообразия, как на Северном Прорыве не наблюдалось. Характерными особенностями этого извер-жения были, во-первых, малое количество пирокластического материала, во-вторых, образование обширного лавового по-крова, на поверхности которого на расстоянии до нескольких километров от кратера (истока лавы) мигрировали вторичные лавовые бокки, дающие начало большим, но очень жидким «единичным лавовым речкам». Иногда наблюдалось одновре-менно более 3–5 таких речек внутри и на поверхности лавово-го поля, в-третьих, в эксплозивных выбросах шлакового конуса периодически присутствовали лаппилли мегаплагиофировых сростков плагиоклаза, аналогичных тем, что встречались в вы-бросах 1970 г. из кратера Плоского Толбачика [5, 17].

Рождение Новых Толбачинских вулканов – исключительно уникальнейшее явление природы. Вулканологи благодаря точ-ному прогнозу смогли наблюдать и исследовать извержение с самого начала 6 июля 1975 г. и до 10 декабря 1976 г., когда оно завершилось. Это извержение по праву считается одним из са-мых изученных извержений в Курило-Камчатском регионе.



Начало извержения Южного прорыва





*Ареальная зона Толбачика
и район извержения на 01.12.2012 г.
(<http://visibleearth.nasa.gov/view.php?id=79898>)*

Трещинное Толбачинское извержение им. 50-летия ИВУС ДВО РАН началось 27 ноября 2012 г. в ареальной зоне шлаковых конусов Толбачинского дола после слабой непродолжительной сейсмической подготовки на небольшой глубине под вулканом Плоский Толбачик. 28 ноября образовалась протяженная система магмаподводящих трещин меридионального простирания, в 4 км южнее прорыва 1941 г. Локализовались два эруптивных центра – Северный, названный им. Меняйлова, и Южный – им. Набоко. В начале извержения эти два эруптивных центра действовали в основ-

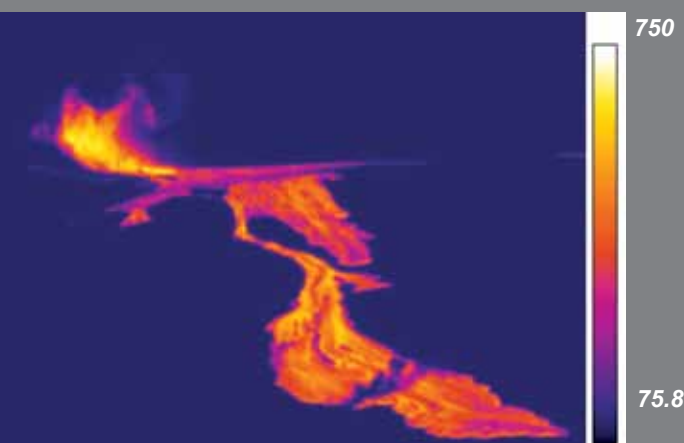


ном одновременно и синхронно, но постепенно наиболее динамичные события сосредоточились в районе прорыва им. Набоко. Здесь в течение двух недель происходило напряженное фонтанирование лавы на высоту 20–50 м по всей длине кулисообразных магнеподводящих трещин. На третью неделю извержения вдоль некоторых из них происходило формирование небольших шлаковых конусов, которые меняли свои размеры и морфологию в ходе извержения. Периодически лавовые потоки «растаскивали» эти вновь образованные конусы [18].



*Динамика извержения прорыва им. Набоко.
Одна из трещин рассекла старый,
магнезиального состава конус Красный, и на
поверхность стал изливаться лавовый поток
глиноземистого состава*





Лавовые потоки в разные периоды извержения. Отбор проб

Снимки в видимом и ИК-диапазонах



Лавовые потоки, изливаясь несколькими рукавами, достигли длины более 15 км, перекрыв площадь более 27 км². Мощность потоков по всей длине не превышала трех метров, а на фронте потока достигала 10–50 м. Это были очень жидкие подвижные порции лавы высокоглиноземистого состава. Они заполняли отрицательные формы рельефа, что совершенно не характерно для более вязких магнезиальных глыбовых лавовых потоков. Глиноземистый состав магмы определил динамику этого извержения — это отсутствие мощных взрывных

выбросов и преимущественно его эффузивный характер.

К концу 2012 г. лавовые потоки перестали увеличивать длину лавового поля, а стали растекаться по площади, увеличивая его ширину и мощность.

На поверхности поля, удаленные на несколько километров от истока, стали появляться мигрирующие лавовые речки. На месте основного истока сначала 2013 г. стал формироваться и стабильно расти новый шлаковый конус. Площадь лавовых потоков на 05.06.2013 г. была равна 35,23 км², объем всех отложенных продуктов



Формы поверхности жидких лавовых потоков и лавовых рек типа пахое-хое



Новый шлаковый конус, сформировавшийся на месте южной системы эруптивных трещин



*Фронт лавового потока
в 15 км от истока*





извержения – $0,52 \text{ км}^3$. В конце сентября 2013 г. извержение завершилось.

Известно, что извержения ареального типа, в целом, всегда более продолжительные, чем побочные извержения на склонах стратовулканов. Магма внедрилась из периферического очага Плоского Толбачика, но при этом изменения морфологии в постройке вулкана – увеличение размеров вершинной кальдеры с обрушением ее стенок или возникновением на ее дне лавового озера не произошло [13, 18].



*Вид из космоса на извержение, 05.04.2013 г.
([http://www.earthobservatory.nasa.gov/
NaturalHazards/view.php?id=80861&eocn=image&eoci=morenh](http://www.earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=80861&eocn=image&eoci=morenh))*



ВУЛКАН КИЗИМЕН

Вулкан Кизимен по отношению к другим действующим вулканам Камчатки занимает несколько обособленное структурное положение. Он — единственный действующий вулкан, расположенный на сочленении Центральной Камчатской Депрессии и Восточного хребта.

Его высота — 2485 м, а по данным геодезических измерений 1974 г. — 2376 м. Особенностью его строения были короткие, мощные «разлапистые» лавовые потоки андезитового состава, бронирующие склоны вулкана.

Стратовулкан многие годы находился в стадии стабильной активной фумарольно-сульфа-



тарной деятельности из долгоживущего эруптивного центра, который расположен на северо-восточном склоне, в 300 м от вершины [5, 7, 12].

Новая активизация вулкана наступила в конце 2010 г., когда сейсмические станции стали фиксировать рой умеренных землетрясений под вулканом. Начало эруптивной деятельности в виде отдельных пепловых выбросов и образования небольших раскаленных лавин началось в декабре 2010 г. Вулканическое дрожание продолжало нарастать и с января 2011 г. пепловые выбросы уже достигали высоты 10 км и более. Извержение вступило в продолжительную эксплозивно-эффузивную стадию. По склонам вулкана периодически скатывались мощные раскаленные лавины и небольшими порциями изливались короткие лавовые потоки.

В течение всего этого нового эруптивного этапа фумарольно-сульфатарная деятельность на склоне вулкана сохранялась на одном уровне и ее активность никак не коррелировалась с динамикой извержения вершинного кратера.





**Фрагменты
блоков вязкой
пластичной
лавы,
формирующей
экструзивный
купол
в кратере
вулкана**



С начала 2012 г. на склоне вулкана стал формироваться единый мощный крупноглыбовый лавовый поток с четко выраженным руслом и бортовыми валами. Осенью 2012 г. длина этого лавового потока достигла более 4 км, а его мощность на фронте – более 250 м.

***Переход к explosивно-экструзивной
стадии извержения***

В ноябре 2012 г. в динамике извержения произошли изменения: поступления новых порций лавы сократились и они изливались уже не единым лавовым потоком внутри русла, а развальцовывались на отдельные рукава на высоте 2/3 склона.

В кратере вулкана с ноября 2012 г. началось формирование экструзивного купола в виде отдельных обелисков. Извержение перешло в экструзивно-эффузивную стадию, что с некоторой вероятностью может привести к катастрофическому взрыву с последующим разрушением постройки вулкана.



На снимках, сделанных с помощью тепловизора Therma CAM P640, отчетливо видны лавовые потоки, раскаленные лавины и постоянный эруптивный центр – фумарола на склоне вулкана.

В результате извержения лавы и пирокластического материала на площади 13,12 км² с общим объемом изверженного материала в

0,46 км³ в окружающей местности произошли необратимые изменения рельефа. Поменялась и продолжает меняться морфология и экология района вследствие излияния многочисленных пирокластических и лавовых потоков, образовалось новое «запрудное озеро».

Учитывая динамику последних пяти лет и кислый состав продуктов извержения, можно предположить, что активность вулкана будет сохраняться на уровне 2013–2014 гг. Эксплозивная активность также будет сохра-

*Пирокластические
отложения и лавовые потоки
изменили форму вулкана
и рельеф местности*



няться на том же уровне – газовые эмиссии и периодические выбросы пепла на высоту от 5 до 8 км. Затем неизбежно должен наступить период покоя [13].

Длительные и мощные эксплозивные выбросы пирокластического материала на вулкане Кизимен в первую очередь оказывают сильное негативное воздействие на среду обитания, влияют на экологическую обстановку в регионе (уничтожаются или становятся на длительное время непригодными оленье пастбища).



Общий вид на вулкан Кизимен из космоса после шести лет извержения. Роскосмос, МКС 39/40, 01.09.2014 г.

ВУЛКАН КАРЫМСКИЙ

Вулкан Карымский – один из активнейших вулканов Курило-Камчатского вулканического пояса. Он находится постоянно в стадии эксплозивной и эксплозивно-эффузивной активности (уже более 150 лет) и способен выбрасывать пепловые облака на высоту более 10–12 км. Его правильный конус высотой 1516 м над уровнем моря являет собой классическую форму стратовулкана, расположенного в центральной части кальдеры. Относительная высота конуса 600 м. Этот стратовулкан андезидацитового состава изливает на поверхность не свойственные этому составу относительно подвижные глыбовые лавовые потоки.

Северо-восточный и западный склоны вулкана «обезображены» многочисленными лаво-



выми потоками, многие из которых заполнили дно кальдеры. Самый мощный (до 30 м) и протяженный крупноглыбовый лавовый поток, заполнивший северо-восточное дно кальдеры, излился в 1908 г.

Во время извержения 1962–64 гг. на поверхность излилось большое количество газонасыщенных пирокластических потоков, которые по своей форме, «на фронте», напоминали подушечные или шаровые лавы, и два глыбовых

Совершенный
по форме,
классический
кальдерный
вулкан







Структура глыбовых лавовых потоков

После шестилетнего периода покоя 11 мая 1970 г. произошло пароксизмальное извержения с излиянием глыбового лавового потока. Пепел от вулкана выпал в Петропавловске-Камчатском, удаленном на юг от вулкана на 130 км. С этого времени вулкан находился в стадии извержения в течение десяти лет. Во время этого эруптивного цикла в кратере вулкана сформировался эксплозивно-эффузивный внутрикратерный купол,

лавовых потока с четкими бортовыми валами течения и примерно одинаковой мощности от 3 до 5 м.

Особенность этих лавовых потоков во время движения – наличие на их поверхности ярко выраженной несущей осевой зоны, более темной, чем их бортовые валы, а после остановки – полное отсутствие на них фумарол. Как и на базальтовых лавовых потоках, на них иногда образуются «лавовые плотины» с последующим обрушением. Это явление характерно для всех глыбовых лавовых потоков типа «аа»,двигающихся по крутым участкам рельефа вне зависимости от состава лавы.

увеличив высоту вулкана, а на склоны излилось несколько пирокластических и глыбовых лавовых потоков [5, 21].

Обычно перед началом длительной эксплозивно-эффузивной стадии извержения в кратере вулкана начинает расти и формироваться внутрикратерный экструзивный купол. Он, как правило, заполняет весь кратер, уве-



Состояние кратера в межэруптивные периоды



личивая высоту вулкана на несколько метров. В кратере можно встретить пемзовые бомбы небольшого размера, имеющие поверхность «хлебной корки» и огромные бомбы размером более 3 м в диаметре.

Из вновь образованных куполов происходят одиночные мощные взрывы нагруженные бомбами и пеплом.

Для вулкана характерен тип эксплозивно-эффузивных извержений. Кратер вулкана в постэруптивный период представляет собой чаше- или блюдцеобразную воронку диаметром около 200 м и глубиной 10 м. Иногда кратер принимает форму двух сдвоенных воро-



В кратере вулкана встречаются монолитные бомбы размером более 3 м





нок. Южная часть кратера всегда выше его северной кромки.

За исторический период кратер вулкана претерпевал многочисленные морфологические изменения, менялась и высота вулкана. Внутрикратерные купола образовывались в 1962, 1971, 1978, 2000, 2005 и 2011 гг. В 1978 г. внутрикратерный купол был исключительно экструзивным, и его образование не сопровождалось излиянием лавы [7].

Эксплозивная активность бывает достаточно мощной, иногда пароксизмальные взрывы, нагруженные пеплом, образуют эруптивную колонну высотой более 10 км. При таких взрывах конус вулкана покрывается плащом пирокластического материала в виде бомб и шлаков от кратера до подножья.

В январе 1996 г. на Камчатке произошло уникальнейшее явление – неожиданное фреатомагматическое извержение в Карымском озере кальдера Академии Наук.

Режимные наблюдения, проведенные со 2 января по 11 февраля 1996 г., сотрудниками ИВиС ДВО РАН, показали, что кульминационная фаза подводного извержения продолжалась не более 12–15 часов. Практически это была серия фреатомагматических взрывов, во время которых на поверхность выбрасывалась парогазовая смесь, на-

*Карымская группа вулканов –
Двор (1), Карымский (2), кальдера
Академии Наук (3)*



**Огненный плащ из
пирокластического
материала после
пароксизмального взрыва**

канонологических исследований в силу постоянной активности и его благоприятного географического положения на Камчатке. Можно быть уверенным, что его эксплозивно-эффузивная деятельность будет продолжаться и в дальнейшем. Сценарий динамики возможных пароксизмальных извержений и их масштаб не будут существенно отличаться от предшествующих эруптивных событий.

сыщенная пирокластическим материалом в виде шлаков и бомб. В северном секторе вблизи побережья озера у деревьев была ободрана кора.

Подводное извержение в Карымском озере кальдеры вулкана Академии Наук, свидетельствует о том, что еще многие вулканы, отнесенные к «потухшим», таковыми не являются. В Карымской структуре, состоящей из группы вулканов: активном вулкане Карымском, разрушенном потухшем вулкане Двор и кальдерой Академии Наук с Курильским озером, — еще возможны современные извержения.

Вулкан Карымский является идеальным полигоном для вул-



**Эруптивный центр
извержения в кальдере
Академии Наук 1996 г.**

*Общий вид на вулкан в начале
эксплозивного извержения*

ВУЛКАН ЖУПАНОВСКИЙ

Вулкан Жупановский расположен в юго-восточной части Восточного вулканического пояса и образован четырьмя слившимися конусами стратовулканов близкого возраста и строения, покрытыми ледниками и обширными фирновыми полями. Абсолютная высота самого вы-



сокого (юго-восточного) конуса – 2958 м, координаты – $54^{\circ}35$ с.ш., $159^{\circ}17$ в.д., самого низкого (северо-западного) – 2505,6 м. Относительная высота – 2300–2400 м. На вершинах конусов имеются кратеры диаметром от 0,3 до 1 км. По степени сохранности и свежести первичных форм Средний конус является наиболее





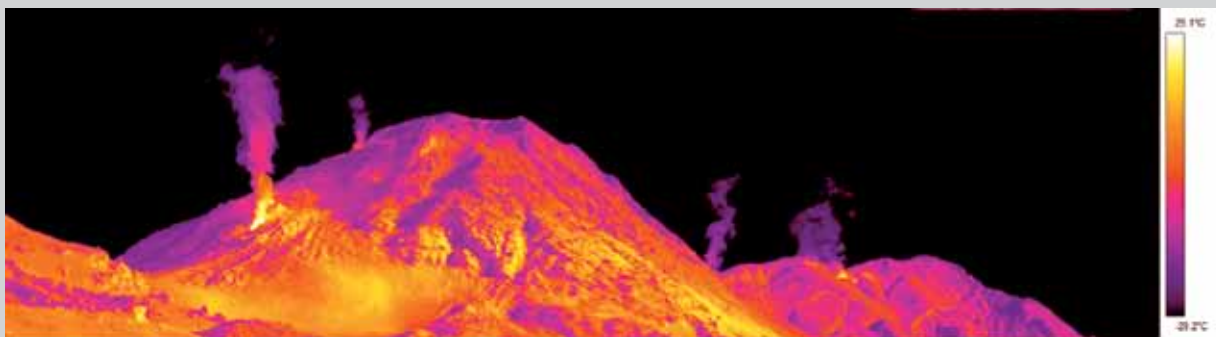
молодым – все исторические извержения связаны с ним. Побочные конусы и экстремивные купола более развиты на южном склоне. Широкое развитие здесь получили и пирокластические потоки, имеющие длину до 20 км. Наиболее мощная фумарольная активность сосредоточена на втором



*Начало нового эруптивного цикла.
Роскосмос, МКС 39/40, 09.07.2014*



Состояние вулкана в межэруптивной стадии в видимом и ИК-диапазонах



конусе. Слабые эксплозивные исторические извержения отмечались в 1956–57 гг. Извержение 1957 г. продолжалось 4 месяца. Породы вулкана относятся к известково-щелочной серии, а по химическому составу представлены всем рядом – от базальтов до дацитов. Иногда на вулкане проявлялась умеренная фумарольная деятельность [5, 12].

Новый эруптивный период в активности вулкана начался 24 октября 2013 г. 27 октября

хорошо стало видно, что пеплом покрыт преимущественно южный склон вулкана. Местом извержения были эруптивные центры западного окончания гребня второго и третьего конусов. С 9 июля 2014 г. началась эксплозивная активность; тогда же впервые были получены синхронные снимки с Земли и РС МКС отдельных фаз извержения. Умеренная спорадическая эксплозивная активность вулкана сохранялась и в 2015 г.



ВУЛКАН КОРЯКСКИЙ

Вулкан Корякский расположен в непосредственной близости от городов Елизово и Петропавловска-Камчатского. Это типичный андезибазальтовый стратовулкан правильной формы с высотой 3456 м. На его склонах и у подножия отчетливо выражены в рельефе многочислен-

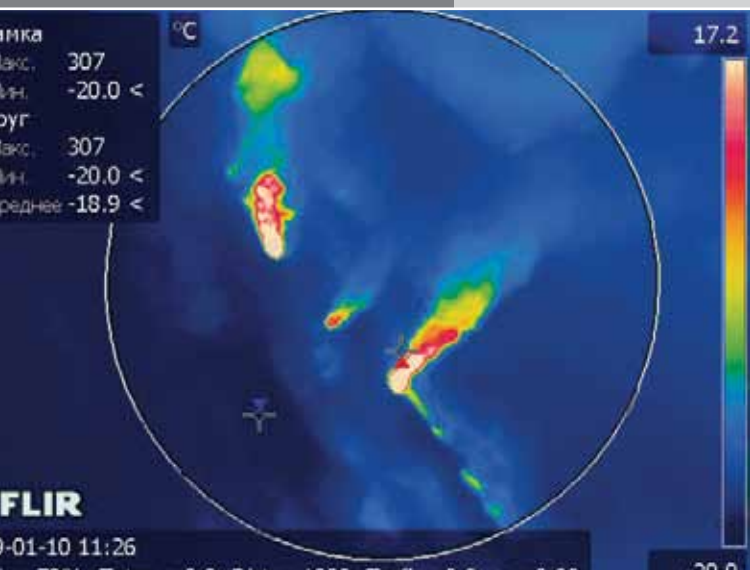
ные мощные глыбовые лавовые потоки и шлаковые конусы побочных извержений.

На северо-западном склоне, вблизи вершины, расположена постоянно действующая многие годы «ревущая» фумарола. Активность вулкана, как правило, сохраняется длительное время на одном уровне [5].

Вулкан Корякский с постоянно активной «ревущей» фумаролой







На ИК-снимках отчетливо видна температурная аномалия и интенсивность в 3-х эруптивных жерлах

В некоторые периоды года парогазовая активность фумаролы менялась, что можно объяснить изменением погодных атмосферных климатических условий (давления и влажности) Камчатки.

В январе 2009 г. активность фумаролы резко возросла, увеличилась интенсивность парогазовых продувок и одновременно частота вулканического дрожания, а ниже по склону по радиальной трещине образовались два новых эруптивных центра.

10 марта 2009 г. впервые в парогазовых выбросах фумарол появился резургентный пепел, шлейф от них протягивался на сотню километров. Склоны вулкана стали практически черными. Анализируя динамику активности Корякского вулкана за первое полугодие 2009 и за 2010 г. и в историческом прошлом, можно предположить наиболее вероятные сценарии дальнейших событий.

Сохранение активности вулкана в виде фумарольной деятельности на прежней уровне.



Количество эруптивных центров изменялось от одного до трех



Склоны вулкана после 10 марта 2009 г. покрылись черным слоем резургентного пепла

Как один из вариантов, после фумарольной активности и сейсмической подготовки образование побочного прорыва на склоне вулкана с лавовыми и селевыми потоками и, как следствие, возникновение лахар [13].

Корякский вулкан (как и Авачинский) — единственный действующий вулкан Камчатки, находящийся в непосредственной близости от городов Петропавловск-Камчатский и

Елизово. Нельзя полностью исключать и сценарий катастрофического извержения, как в 1956 г. на вулкане Безымянном, с частичным разрушением постройки вулкана в сторону городов. Сейсмический мониторинг и система телеметрических наблюдений за состоянием вулкана позволяют надеяться на своевременное предсказание и оповещение населения об извержении.



Фото С.А. Конради, 1909 г.

ВУЛКАН АВАЧИНСКИЙ

населения. Атрио между сохранившимися остатками древней постройки и современным конусом заполнено льдом и фирном. Оттуда несколькими языками ледники спускаются на склоны вулкана.

Предпоследнее историческое эксплозивное извержение произошло в 1945 г. В результате образовался кратер, который за длительный период покоя приобрел колодцеобразную форму воронки диаметром 350 м и глубиной 220 м. В период между извержениями на дне и стенках кратера действовали активные фумаролы. Температура газов на выходе варьировала от 50 до 200 °С, наиболее высокая отмечалась на дне [5].

Вулкан Авачинский – андезитовый стратовулкан сложной постройки типа Сомма–Везувий, высотой 2751 м. Это – один из двух, наряду с Корякским, действующих вулканов, расположенных в непосредственной близости от городов Петропавловск-Камчатский и Елизово и представляющих реальную угрозу для





*Визитная карточка
Камчатки.
Вид на Авачинскую бухту,
скалы Три Брата и вулканы
Авачинский и Корякский*

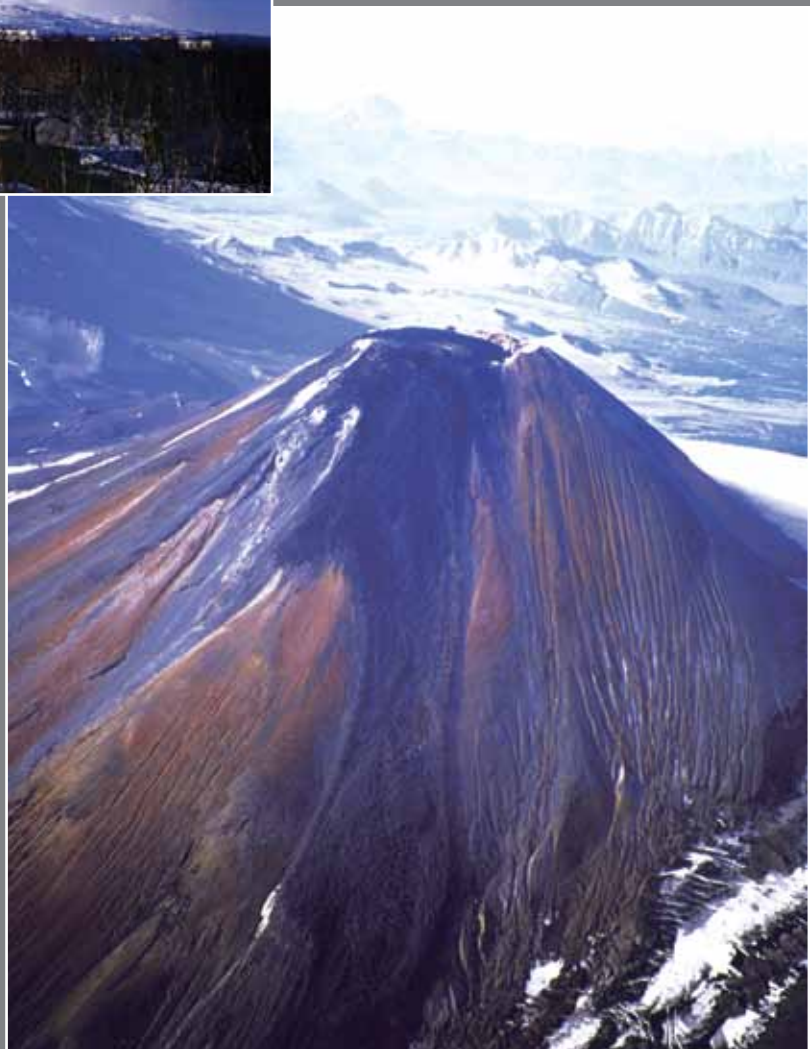


*Начало извержения
13 января 1991 г.*

*Состояние вулкана в
2001 г., спустя 10 лет
после извержения в 1991 г.*



*Состояние вулкана в 2009 г.
Роскосмос, МКС.*





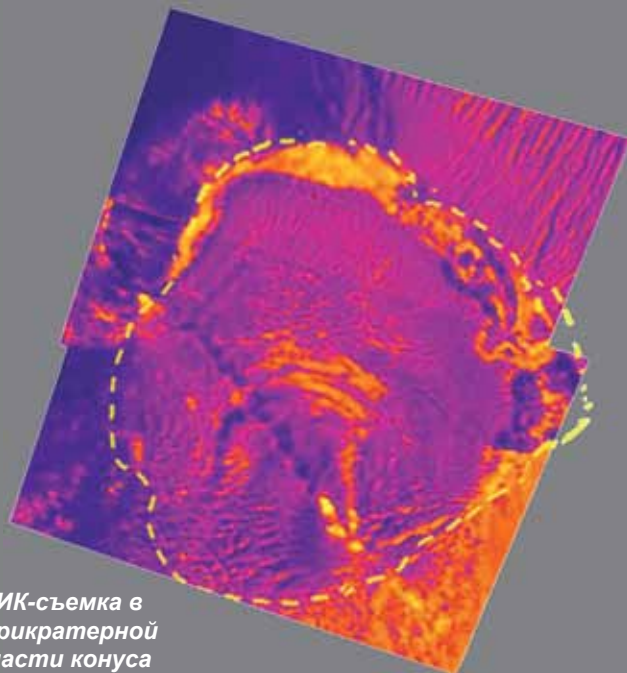
*Постройка Авачинского вулкана
типа Сомма–Везувия*

Новое извержение вулкана началось без сейсмической подготовки двумя взрывами днем 13 января 1991 г. Кратер к этому времени в течение недели заполнился лавой, а на юго-западный склон стал изливаться небольшой крупноглыбовый лавовый поток, фронт которого достиг ледника, расположенного в атрио Соммы [13].

После извержения, в разное время, выходы фумарол мигрировали по периметру кратера и постепенно локализовались в систему у южной стенки кромки кратера. Через год на лавовом поле в кратере вулкана, вблизи источника лавы, возникла трещина северо-восточного простирания, которая отражает на поверхности генеральное направление вулcano-тектонических разломов Восточного вулканического пояса Камчатки.



*Трещина северо-восточного простирания в кратере
вулкана рассекла лавовую «пробку»*



*ИК-съемка в
прикратерной
части конуса*



ВУЛКАН ГОРЕЛЫЙ



Вулкан Горелый – базальтовый вулкан сложного строения, образующий цепочку из трех сросшихся вулканических аппаратов в виде вулканического хребта высотой 1829 м. Вулканический массив 3-С-3 простирается находится внутри кальдеры размером 10 на 13 км.

На его склонах расположено более сорока побочных доисторических шлаковых конусов с многочисленными лавовыми потоками с канатной поверхностью типа пахое-хое [5].

Активный кратер вулкана колдцеобразной формы расположен в центральной его части. Его дно почти постоянно заполняет неглубокое кислотное озеро бирюзового цвета. Во время предшествующих непродолжительных эксплозивных фреато-магматических извержений в 1980–81 и

Эксплозивное извержение вулкана в 1980–81 гг.



1984–86 гг. оно практически пропало, но затем появлялось вновь.

Эти извержения происходили с выносом на поверхность пепла и небольшого количества вулканических бомб. Высота эруптивных колонн не превышала 3–5 км.

Все исторические извержения вулкана носили чисто эксплозивный





характер с выбросом различного количества пирокластического материала.

В межэруптивный период вулкан находится в фумарольной и сольфатарной стадиях активности. Период покоя обычно равен 20 годам.

Новая активизация вулкана началась летом 2010 г. и продолжается до сих пор. Она проявляется в возобновлении активности на месте постоянно действующей фумаролы, расположенной в стенке кратера, выше кромки кратерного озера на 10 м, из которой



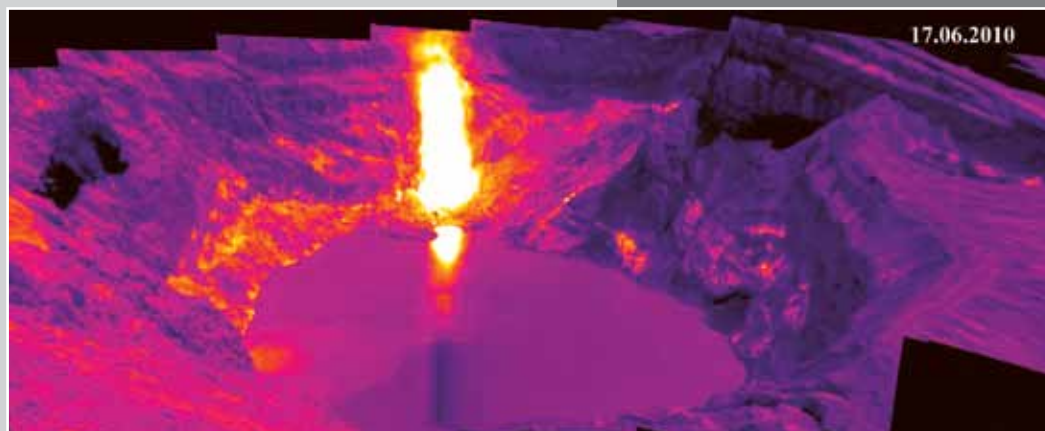
Эксплозивное извержение вулкана в 2010 г.





$T_{\text{max}} \text{ факела} \sim 885^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{max}} \text{ озера} \sim 27^{\circ}\text{C}$
 $T_{\text{min}} \text{ озера} \sim 11,4^{\circ}\text{C}$



с высокой скоростью вырывается мощная струя газа. Температура факела более 800°C . Ювенильного пирокластического материала не обнаружено. В течение всего этого необычного извержения в эруптивном центре наблюдается яркое свечение [22].



ВУЛКАН МУТНОВСКИЙ

Вулкан Мутновский – один из активных вулканов юга Камчатки. Он представляет собой вулканический массив, расположенный на вулканическом плато высотой около 1000 м. Его постройка – это единый вулканический массив, состоящий из четырех последовательно слившихся вулканических конусов. Высшая точка массива находится на высоте 2323 м. Из его двух действующих кратеров постоянно с той или иной степенью интенсивности поднимаются парогазовые струи. Фумарольная деятельность сосредоточена главным образом в Активной воронке. Она представляет собой колодцеобразную чашу глубиной около 150 м



с дном размером 100×150 м. Здесь расположено одно из наиболее крупных внутрикратерных фумарольных полей на Камчатке.

Устья фумарольных выходов часто бронируются и зарастают самородными отложениями серы и над ними, вокруг фумарол, часто вырастают разнообразные по форме купола из самородной серы. На дне кратера, помимо фумарол, находятся кипящие серные грязевые котлы [5, 23].

Время от времени на вулкане происходят парогазовые взрывы небольшой силы. В марте 2002 г. в кратере вулкана произошло сильное эксплозивное извержение. В результате на старом месте в кратере серией мощных взрывов была образована новая воронка диаметром 200 м. Ее дно постепенно заполнилось талой водой и возникло небольшое озеро бирюзового цвета.

При фреато-магматических извержениях вулкана происходят пароксизмальные



***Отложения самородной серы вокруг
устья фумаролы в кратере вулкана***

ные взрывы с выносом огромного количества пара, нагруженного пеплом. По своим характеристикам образующиеся при этом облака схожи с атмосферными грозовыми облаками, их шлейфы затруднены для идентификации из-за присутствия в них большого количества водяных паров. Этот тип извержения может создавать реальную опасность для авиации.



Общий вид кратера вулкана с Активной воронкой



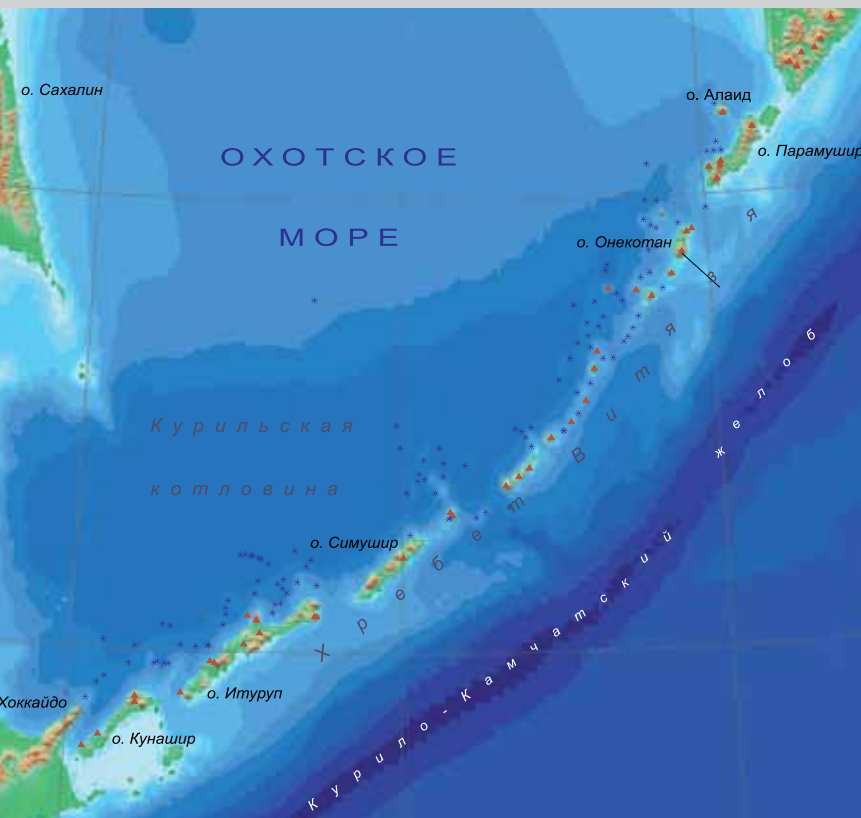
ВУЛКАНЫ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Архипелаг Курильских островов расположен на границе Охотского моря с Тихим океаном между о. Хоккайдо (Япония) и полуостровом Камчатка. Большая Курильская гряда включает более 30 значительных островов и множество мелких островов и скал, вытянутых на 1200 км, и геоструктурно входит в состав Курило-Камчатской островной дуги. Последняя является частью глобальной системы Тихоокеанского Огненного Кольца. К востоку от нее располагается Курило-Камчатский глубоководный желоб и Тихоокеанский шельф, а к западу – Курильская котловина Охотского моря.

На Большой гряде известно более 150 вулканов, в том числе 36 действующих. Все они возникли и развиваются в пределах субокеанической и отчасти субконтинентальной коры, и источником их питания являются известково-щелочные расплавы верхней мантии. Этим определяется андезитовый характер вулканизма Курильской дуги, а также особенности состава лав, масштаба и характера извержений, морфологии вулканических построек. Все их разнообразие находится в прямой зависимости от степени дифференциации исходного андезибазальтового расплава и от этапа эволюции вулкана [11].

Условно Большая Курильская гряда делится на 3 группы островов: северную (о-ва Алаид, Парамушир, Онекотан, Харимкотан, Чиринкотан, Экарма), среднюю (о-ва Райкоке, Матуа, Расшуа, Симушир) и южную (Броутона, Черные Братья, Уруп, Итуруп и Кунашир). Каждый остров – вулкан, фрагмент вулкана или цепочка вулканов, слившихся подножиями или разделённых низменными перешейками.

На Курилах известны практически все морфологические типы вулканов – стратовулканы (Алаид, Чикурачки, Пик Сарычева, Тятя и др.), кальдеры (Эбеко, Немо, Креницына, Заварицкого, Головнина и др.), экструзивные купола (Иван Грозный, Менделеева и др.). Проявляются также все типы вулканических извержений, за исключением



Гавайского. Курилы остаются уникальным, лишенным техногенных воздействий научным полигоном России для всего комплекса наук о Земле, включающих исследование и мониторинг сейсмичности, цунамиопасности, вулканической активности.

Наиболее активными вулканами Курил считаются Чикурачки (о. Парамушир), Пик Сарычева (о. Матуа), Эбеко (о. Парамушир) и Иван Грозный (о. Итуруп).

В отличие от камчатских вулканов, вулканы Курильских островов до сих пор изучены недостаточно. Это связано с географической удаленностью и труднодоступностью по погодным и природным условиям, на некоторых



*Извержение вулкана Пик Сарычева
12 июня 2009 г. МКС, NASA/JSC*



*3D-модель
о. Парамушир*

островах нет пресной воды. В настоящее время большинство островов стали необитаемыми, отдельные вулканы посещаются в последние десятилетия исключительно туристами и редкими, небольшими отрядами ученых, проводивших специальные, главным образом, петрохимические исследования.

Ниже изложены некоторые результаты комплексных экспедиций Института вулканологии ДВО РАН, проведенных во время извержения вулканов Алаид в 1972 и 1980 гг. и вулкана Тятя в 1973 г.



*Отложения самородной серы
в кратере вулкана Эбеко*

ВУЛКАН АЛАИД

Вулкан Алаид (о. Атласова) – самый северный действующий вулкан Курильской островной дуги. Он представляет собой стратовулкан правильной усеченной формы, конус которого поднимается со дна Охотского моря. Его высота над уровнем моря составляет 2339 м, а общая высота – более 3000 м. Кратер до извержения 1980 г. имел диаметр 250 м. В северо-западной части дна кратера находился неглубокий чашеобразный эксплозивный колодец – результат извержения 1894 г.

У подножья вулкана расположено около 30 шлаковых конусов с небольшими лавовыми



потоками. Большинство их приурочено к разлому запад-северо-западного простирания, проходящему через вершинный кратер. По мнению Г.С. Горшкова, этот разлом перпендикулярен общему направлению островной дуги. Даты извержений побочных кратеров неизвестны, за исключением исторического



***Шлаковый конус Такетомы (117 м),
образованный в 1933 г. побочным извержением,
начавшимся в подводных условиях***

извержения конуса Такетомы с 17 ноября 1933 г. по июль 1934 г.

Побочное извержение, получившее название прорыв Олимпийский, также было приурочено к зоне побочных конусов и началось 18 июня 1972 г. на северо-западном склоне вулкана серией мощных взрывов у подножья и под водой.

Эти извержения можно считать классическим побочным извержением, какие характерны в основном для Ключевского вулкана (Камчатка). На склоне вулкана по радиальной трещине длиной более 2 км образовалась цепочка из шести эксплозивных центров, взрывных воронок, активность которых закончилась в первые сутки извержения, а эруптивная деятельность сосредоточилась в районе второй нижней воронки [24].



***Общий вид прорыва
Олимпийский,
взрывные воронки,
шлаковый конус и
лавовый поток***



На ее месте сформировался шлаковый конус высотой более 250 м. Эффузивное жерло во время извержения было ограничено бортовыми валами.

Эксплозивная деятельность конуса в виде фонтанирования бомб разной интенсивности продолжалась в течение всего извержения. На южном склоне с первых суток извержения вытекали последовательно крупноглыбовые и шлакоглыбовые порции лавы. Они сформировали новый лавовый мыс, далеко

вышедший за береговую линию в море. Мощность потока на вновь образованном пляже достигала 5 м.

За время побочного извержения активности в вершинном кратере вулкана не отмечалось. Закончилось извержение 11 сентября 1972 г.

В августе 1980 г. произошло пароксизмальное эксплозивное извержение в вершинном кратере с



На северном склоне конуса образовались две эксплозивных бокки, из них происходили одиночные взрывы, ниже – лавовая бокка, из которой вытек небольшой лавовый поток



выбросом пирокластического материала в виде бомб, шлаков и пепла. Пепловая колонна поднималась на высоту более 10 км, разлет бомб достигал радиуса 4 км. После этого извержения вершинный кратер вулкана стал еще более открытым на юг.

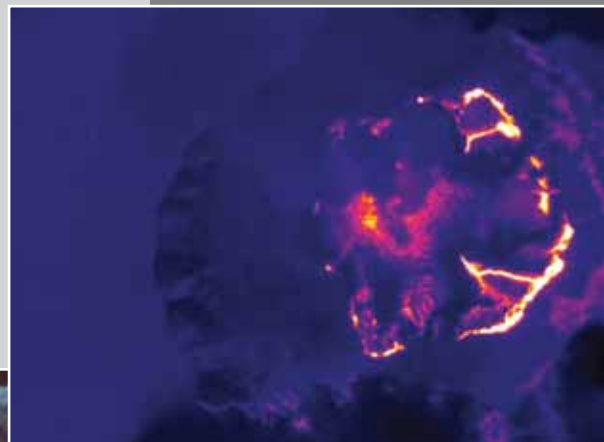
Вулкан Алаид – один из активнейших вулканов в Курильской островной дуге. Анализ характера эруптивной деятельности вулкана показал, что очередное извержение следует ожидать на его склоне.

Однако предложенный сценарий не подтвердился. Во время планового облета 27 октября 2012 г. активных вулканов Южной Камчатки и Северных Курил с участием сотрудников Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН было установлено, что в кратере вулкана Алаид образовался небольшой эксплозивно-эффузивный шлаковый конус. Из него периодически происходили редкие взрывы с небольшим количеством ювенильного пепла. На ИК-снимках отчетливо фиксируется термоаномалия.

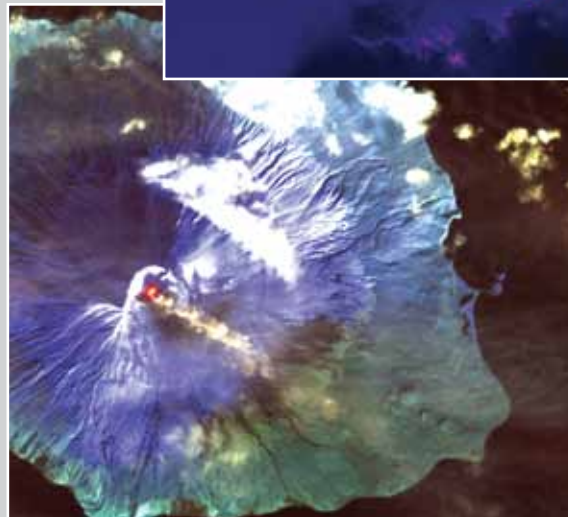
На космическом снимке ЕО-1АЛ1 от 13 ноября 2012 г. в ИК-диапазоне отчетливо видно, что активность вулкана возросла: в кратере увеличилась интенсивность термоаномалии, а устойчивый пепловый шлейф протягивается на юго-восток на сотню километров. Дальнейшее развитие эруптивных событий может перейти в пароксизмальную стадию вершинного извержения и (или) образование нового побочного прорыва на его склоне.



*Эксплозивное извержение
вершинного кратера вулкана
Алаид в 1980 г.*



*Поток извержения 1972 г. сформировал новый
лавовый мыс, далеко вышедший за береговую линию*



ВУЛКАН ТЯТЯ

Вулкан Тятя расположен в юго-восточной части о. Кунашир. Это стратовулкан типа «Сомма–Везувий». Правильный, сильно усеченный конус соммы с диаметром основания 16–18 км поднимается на высоту до 1485 м. Небольшие шлаковые конусы предшествующих извержений сосредоточены на северном и южном склонах вулкана.

На вершине расположен неглубокий замкнутый кратер. На северо-восточном склоне соммы имеется небольшой побочный конус. Склоны соммы осложнены многочисленными барранкосами. Почти в центре плоского ровного дна кратера поднимается правильной формы центральный конус с диаметром основания около 500 м. Склоны центрального конуса совершенно не расчленены эрозионными процессами. Юго-западный склон сложен лавой, остальные склоны – пирокластическим материалом.



*Лавовые потоки, излитые из
внутрикальдерного шлакового конуса
во время извержения в 1812 г.
(<http://rus-globus.ru/sakhalin>)*

Два небольших потока лавы базальтового состава извержения 1812 г. достигают северо-западного понижения гребня соммы и спускаются по ее внешнему склону.





Эксплозивный кратер на южном склоне, из которого в течение 13 дней поступал ювенильный материал в виде пепла, шлака и бомб базальтового состава (июль 1973 г.)

Извержение вулкана началось 14 июля 1973 г. и происходило одновременно из двух групп эруптивных центров на северном и юго-восточном склонах древней постройки, в пределах высот 450–500 м над уровнем моря [25].

На северном склоне вулкана извержение носило пароксизмальный характер и продолжалось всего одни сутки. Здесь образовались две системы взрывных кратеров-воронок субмеридионального и северо-восточного простирания длиной около 900 м, шириной 100–150 м и глубиной 5–60 м. Деятельность кратеров была исключительно эксплозивной и выражалась мощными взрывами и газовыми продувками с выбросом раскаленного резургентного материала. Было найдено несколько образцов небольших базальтовых бомб размером до 10 см, которые можно было отнести

к ювенильному материалу. На расстоянии до 3 км от кратеров лес был частично или полностью обожжен, были ободраны и местами повалены деревья [5, 25].

Эксплозивное извержение на юго-восточном склоне вулкана продолжалось с 14 по 26 июля. В течение 12 дней эксплозивная активность сохранялась на одном уровне: нагруженная бомбами и пеплом эруптивная колонна поднималась на высоту до 8 км. В результате этого извержения на склоне вулкана образовался эксплозивный кратер с высотой бортов около 40 м. Выброшено в атмосферу было более 0,02 км³ пепла и аэрозоля.



*Битый и обожженный
лес от взрывных
воронок*



*Последствия
извержения 1973 г.
На первом плане –
взрывная воронка*



На северном склоне вулкана извержение продолжалось всего одни сутки. Здесь образовались две системы взрывных кратеров-воронок субмеридионального и северо-восточного простираения длиной около 900 м, шириной 100–150 м и глубиной 5 – 60 м



После этого эксплозивного извержения, из-за большого количества мелких частиц пепла и аэрозоля, долгое время присутствующих в атмосфере, в течение года можно было наблюдать необычные по красоте и сочности красок «багряные» закаты. Подобные великолепные закаты наблюдались и ранее, например после извержений вулканов Кракатау (Индонезия) в 1883 г. и Ксудач (Камчатка) в 1907 г.



На космическом снимке от 18 июля видно направление пеплового шлейфа из юго-западного кратера, который простирается в акваторию Тихого океана на сотню километров, севернее о. Шикотан

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наша страна является одним из лидеров в области изучения динамических вулканических процессов, в том числе и благодаря тому, что в ее пределах находится одна из наиболее активных современных вулканических областей – Курило-Камчатская островная дуга, которая является уникальным полигоном, где властвуют мощные геологические силы. Мы постарались показать активную стадию жизни конкретных вулканов. Наши усилия были сосредоточены на том, чтобы донести до читателей красоту, мощь и силу вулканических процессов и их неподвластность человеческим желаниям и возможностям. Были показаны особенности и характер вулканических извержений, масштабы вулканической деятельности и последствия их воздействия на среду обитания. Вулканизм остается одним из самых разрушительных геологических процессов, которые способны изменить ход человеческой истории.

На Камчатке среди действующих вулканов, несомненно, выделяется Ключевская группа вулканов, непрерывно демонстрирующая свою активность, с помощью которых нам позволительно «заглядывать в глубины Земли». Два уникальных для Камчатки трещинных извержения Гавайского типа произошли в 1975–76 гг. и 2012–2013 гг. на Толбачинском долу в ареальной зоне вулкана Плоский Толбачик. Было зафиксировано перемещение больших объемов магмы из очага Плоского Толбачика в район этих трещинных извержений. Вследствие этого в 1975 г. на вершине

Плоского Толбачика на месте небольшого кратера диаметром 200 м образовалась кальдера обрушения диаметром более 1,7 км.

Можно с большой долей вероятности считать, что извержения вулканов Шивелуча и Безымянного, которые несколько десятилетий продолжают находиться в стадии активности, будут продолжаться. В последние годы эруптивная активность Шивелуча значительно превосходит активность вулкана Безымянного.

Ключевской остается самым активным и продуктивным базальтовым вулканом в Курило-Камчатской островной дуге. За последние 25 лет для Ключевского вулкана характерны извержения исключительно в вершинном кратере. В истории вулкана неоднократно отмечалось образование внутрикратерных эксплозивно-эффузивных шлаковых конусов, с ростом которых формировалась новая острая вершина, которая затем разрушалась мощными взрывами или понижением уровня магмы в жерле вулкана. В ближайшие годы стоит ожидать продолжения стабильной эруптивной активности в его вершинном кратере, и не исключено также образование новых побочных прорывов на его склонах.

Мы все ближе приближаемся к тому, чтобы создать геодинамическую модель формирования и эволюции современного вулканизма этого региона и если не предотвратить, то, по крайней мере, заранее подготовиться и минимизировать последствия таких глобальных катаклизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Заварицкий А.Н.* Изучение вулканов Камчатки // Вестник АН СССР. 45. 1944.
2. *Влодавец В.И.* Ключевская группа вулканов // Труды лаборатории вулканологии и Камчатской вулканологической станции. 1940. № 1. 124 с.
3. *Сирии А.Н.* О соотношении центрального и ареального вулканизма. М.: Наука, 1968. 195 с.
4. *Двигало В.Н.* Морфологические предвестники (первые признаки) активизации некоторых вулканов Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2000. № 4. С. 3-16.
5. Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. Т. 1, 2.
6. *Шевченко А.В., Свирид И.Ю., Двигало В.Н.* Современная экструзивная деятельность вулкана Молодой Шивелуч по данным геоморфологического дешифрирования и фотограмметрической обработки стереофотоснимков // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. Вып. № 24, 2014. С. 147-158
7. *Двигало В.Н., Свирид И.Ю., Шевченко А.В., Сокоренко А.В., Демьянчук Ю.В.* Состояние активных вулканов Северной Камчатки по данным аэрофотосъемочных облётов и фотограмметрической обработки снимков 2010 г. // Материалы региональной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы». Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2011. С. 26-36.
8. *Балеста С.Т.* Земная кора и магматические очаги областей современного вулканизма. М.: Наука, 1981. 133 с.
9. *Крашенников С.П.* Описание Земли Камчатки. Т. 1, 2. АН СССР, 1949. 650 с.
10. *Лучицкий И.В.* Основы палеовулканологии, Т. 1. М.: Наука, 1971. 498 с.
11. *Мархинин Е.К.* Роль вулканизма в формировании Земной коры. М.: Наука, 1967. 254 с.
12. *Святловский А.Е.* Атлас вулканов СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 174 с.
13. *Хренов А.П., Богатилов О.А., Лексин А.Б., Маханова Т.М.* Огнедышащий край России / Колл. монография. М.: ИФЗ, САМ ПОЛИГРАФИСТ, 2013. 212 с.
14. *Пийп Б.И.* Ключевская сопка и ее извержения в 1944–45 гг. и в прошлом // Труды лаборатории вулканологии. 1956. Вып. II. 309 с.
15. *Токарев П.И.* Прогноз извержения вулкана Ключевской в марте 1983 г. // Вулканология и сейсмология. 1985. № 4. С. 3-8.
16. *Carter A.J., Girina O.A., Ramsey M.S., Demyanchuk Yu. V.* ASTER and field observations of the 24 December 2006 eruption of Bezymianny Volcano, Russia // Remote Sensing of Environment. 2008. V. 112. pp. 2569-2577.
17. Большое трещинное Толбачинское извержение (Камчатка 1975–76 гг.). М.: Наука, 1984. 637 с.
18. *Гордеев Е.И., Муравьев Я.Д., Самойленко С.Б., Вольнец А.О., Мельников Д.В., Двигало В.Н.* Трещинное Толбачинское извержение в 2012–2013 гг. Первые результаты // Доклады Академии наук. Т. 452, № 5. 2013. С. 562-566.
19. *Токарев П.И.* Предсказание места и времени начала Большого трещинного Толбачинского извержения в июле 1975 г. // Докл. АН СССР. 1976. Т. 229. № 2. С. 439-442.
20. *Pieri D.C., Khrenov A.P., Miller T.P. et al.* The 1993 Airborne Multispectral Thermal Infrared Survey, of Volcanoes on the Kamchatka Peninsula, Russia // EOS, TRANSACTIONS, American Geophysical Union. 1995. P. 1-16.
21. *Хренов А.П., Дубик Ю.М., Иванов Б.В.* и др. Эруптивная деятельность вулкана Карымский за десять лет (1970–80 гг.) // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 29-48.
22. *Овсянников А.А., Чирков С.А.* Состояние вулкана Горелый в июне 2010 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. Вып. 15. 2010. С. 10.
23. *Дроздин В.А., Дубровская И.К., Чирков С.А.* К расчету выноса тепла по данным тепловизионных исследований (на примере вулкана Мутновский, Камчатка) // Материалы региональной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы». Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. С. 63-68.
24. *Авдейко Г.П., Хренов А.П., Флеров Г.Б., Токарев П.И., Широков В.А., Меньшов И.А., Чирков А.М., Вольнец О.П., Дубик Ю.М., Вергасова Л.П.* Извержение вулкана Алаид в 1972 г. // Бюлл. вулканол. станций. 1974. С. 64-80.
25. *Кирсанов И.Т., Вакин Е.А., Хренов А.П.* Действующие вулканы Камчатки и Курильских островов в 1973 г. // Бюлл. вулканстанций. 1975. № 51. С. 3-18.

