

Раздел V

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КАМЧАТКЕ

Н. А. Жаринов, Г. А. Карпов

КАМЧАТСКАЯ ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ – КОЛЫБЕЛЬ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВУЛКАНОЛОГИИ (К 90-летию организации в России стационарных вулканологических наблюдений)

По результатам многолетних исследований сотрудниками Камчатской вулканологической станции и Института вулканологии СО АН СССР (ныне – Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН) извержений вулканов Ключевской, Безымянный, Шивелуч и Плоский Толбачик рассмотрены вопросы характера магматической активизации в Ключевской группе вулканов Курило-Камчатской островной дуги.

Ключевые слова: Камчатка, вулканологическая станция, вулкан Ключевской, извержения.

N. A. Zharinov, G. A. Karpov

THE KAMCHATKA VOLCANO OBSERVATORY: THE CRADLE OF RUSSIAN VOLCANOLOGY (The 90th Anniversary of Russian Active Volcano Observations)

Long-term investigations of Klyuchevskoy, Bezmyanny, Sheveluch, and Plosky Tolbachik volcanic eruptions conducted by the scientists from the Kamchatka Volcano Observatory and Institute of Volcanology SB AS USSR (currently Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS) allowed us to describe the nature of magmatic system of the Klyuchevskoy group of volcanoes in the Kuril-Kamchatka arc.

Keywords: Kamchatka, volcano observatory, Klyuchevskoy Volcano, eruptions.

«Источник тепла, необходимый для вулканических процессов, причинная связь с дислокационными движениями, смена различных фаз вулканической деятельности в одном и том же или в сходных вулканических очагах, наконец, возможность предвидения приближающихся вулканических пароксизмов – всё это вопросы, к разрешению которых можно подойти только путём длительных систематических наблюдений. Эти наблюдения являются основной задачей станции».

Ф. Ю. Левинсон-Лессинг

В историческое время наиболее активно вулканизм проявляется на т. н. вулканических островных дугах, которые являются поверхностным выражением структур, простирающихся на глубины в несколько сот километров и питающихся за счёт вещества мантийных магматических очагов. Курило-Камчатская вулканическая островная дуга является областью сосредоточения вулканов плейстоценового (1,6 млн лет назад), голоценового (10 тыс. лет) и современного вулканизмов. По данным многочисленных исследований [4, с. 96–178; 7; 10, с. 8–25] эта структура характеризуется как самая вулканически активная в современную эпоху.

Но максимально высокой активностью отличается группа северных вулканов Восточного вулканического пояса Камчатки, среди которых особенно выделяются вулканы Безымянный, Ключевской и Шивелуч. Принимая это во внимание, Академия наук СССР приняла решение о создании на Камчатке центра стационарных вулканологических наблюдений. По инициативе академиков Ф. Ю. Левинсона-Лессинга и А. Н. Заварицкого в 1935 г. была организована Камчатская вулканологическая станция в посёлке Ключи.

Станция была построена на опушке леса, на восточной окраине посёлка Ключи. Отсюда от-

крывается живописная панорама Ключевской группы вулканов. Для кратковременных наблюдений и восхождений к кратеру Ключевского вулкана на абсолютной отметке 2 800 м был построен домик площадью 12 м². Транспорт для сотрудников станции были тогда 15 лошадей и 20 ездовых собак с нартами. Уже в первые два года работы сотрудниками станции было совершено 5 восхождений к кратеру Ключевского вулкана.

Решение АН СССР о создании на Камчатке своего стационара было очень важным событием в развитии отечественной и мировой вулканологии. Первым директором вулканостанции был назначен академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, именем которого станция была названа после его кончины в 1939 г. В разные годы, в исторической последовательности, Камчатской вулканостанцией руководили родоначальники отечественной вулканологии – В. И. Влодавец и Б. И. Пийп.

Камчатская вулканостанция стала своеобразной школой вулканологических исследований и знаний. Здесь выросла целая плеяда известных вулканологов – патриархов вулканологии: профессор В. И. Влодавец, члены-корреспонденты АН СССР Б. И. Пийп и Г. С. Горшков; доктора наук А. А. Меняйлов, С. И. Набоко, Е. К. Мархинин, А. Е. Святловский, Б. В. Иванов; кандидаты наук Л. А. Башарина, Г. Е. Богоявленская, И. И. Гуценко, П. И. Токарев, А. И. Фарберов, В. И. Горельчик и многие другие. Начальниками вулканостанции были известные вулканологи – А. А. Меняйлов (1936–1938 гг.), Г. С. Горшков (1954–1957, а в 1966–1970 гг. – директор Института вулканологии АН СССР), Е. К. Мархинин (1958–1961 гг.), И. Т. Кирсанов (1965–1966 гг.), Б. В. Иванов (1970–1977 гг.), Н. А. Жаринов (1978–2004 гг.), Ю. В. Демянчук (2004–2020 гг.).

С 1935 по 2025 г. здесь были проведены детальные вулканологические наблюдения за всеми современными извержениями Северной группы вулканов и исследованы продукты наиболее сильных прошлых извержений камчатских вулканов.

Получили мировое признание материалы публикаций российских вулканологов по исследованиям извержений вулканов Ключевской, Безымянный, Шивелуч, Плоский Толбачик (БТТИ – 1975–1976 гг. и ТТИ-50 – 2012–2013 гг.). Особенно высокой активностью на протяжении всех 90 лет наблюдений отличается вулкан Ключевской.

Камчатскими вулканологами выделены т. н. катастрофические извержения, когда объём выброшенного магматического и перемещённого материала достигал 0,5–5,0 и больше км³, а их вес – (0,6–6,0) × 10⁹ т. При этом сильно разрушались сами постройки вулканов и образовывались гигантские обвально-взрывные лавины, сильно разрушающие рельеф. Только в XX – начале XXI в. таких извержений было 5 на Камчатке и одно на Курилах, с интервалами между извержениями 11–35 лет. Причём характерно, что за XVIII–XIX вв. на Камчатке было только одно катастрофическое извержение – на вулкане Шивелуч. Конечно, следует отметить, что самые мощные и катастрофические извержения были в далёком прошлом на вулкане Авача (пять извержений с выбросом 1,2–1,3 км³ изверженного материала в период 3,3–5,5 тыс. лет назад и два с объёмом 8,0–20,0 км³ в период 7,1–30 тыс. лет назад) [1, с. 3–21].

Фактически Камчатская вулканостанция стала базой для организации в 1962 г. Института вулканологии (с 1994 г. – Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН). И первым директором Института вулканологии в г. Петропавловске-Камчатском закономерно стал бывший начальник Ключевской вулканостанции Б. И. Пийп. Кроме того, по настоянию академика А. Н. Заварицкого, именно с Камчатской вулканостанции вулканологи начали в своей работе использовать геофизические методы исследований. Здесь уже в 1946 г. была организована Ключевская, а затем Козыревская сейсмические станции. Работами Г. С. Горшкова, П. И. Токарева было установлено, что питающий магматический очаг под Ключевским вулканом находится на глубине более 50 км. Это было открытием мирового уровня. Термин «направленный взрыв», которым Г. С. Горшков определил катастрофическое извержение вулкана Безымянный в 1956 г., прочно вошел в лексикон вулканологов всего мира.

Профессор, академик РАЕН Е. К. Мархинин ввёл в науку понятие «биовулканология» и научно обосновал концепцию, что вся земная кора, гидросфера и атмосфера Земли являются производными глубинного магматизма [7]. Материалы исследований извержений вулканов Ключевской, Шивелуч, Толбачик доктора наук, профессора Софьи Ивановны Набоко обогатили мировую науку.

Одной из основных задач Камчатской вулканостанции было создание надёжных методов прогноза извержений вулканов на основе

геофизических методов. И первые успешные прогнозы извержений вулканов Безымянный, Шивелуч, а затем и серии извержений на структуре вулкана Плоский Толбачик были сделаны геофизиком П. И. Токаревым. С начала 70-х гг. XX в. на вулканостанции начали внедряться и геодезические методы исследований деформаций земной коры на вулканах. Их проведение связано с именами Н. А. Жаринова, В. Б. Энмана, М. А. Магуськина и др.

Рассмотрим некоторые значимые результаты исследований извержений этих вулканов, изученные сотрудниками вулканостанции и Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, куда организационно входит это подразделение.

Вулкан Ключевской

Извержение этого вулкана наблюдал ещё С. П. Крашенинников в 1737 г. [6, с. 218]. Это крупнейший базальтовый вулкан Камчатки, с максимально высоким поступлением на поверхность глубинного магматического материала. Он характеризуется вершинными и побочными извержениями. Всего за период с 1932 по 2025 г. на склонах вулкана произошло **19 побочных и 26 вершинных извержений**. Активность вулкана в 1932–1989 гг. проявлялась в одновременных вершинных и побочных извержениях на его склонах. В это время наблюдались такие явления, как подъём абсолютных высот эруптивных центров побочных прорывов и интенсивный процесс трещинообразования в постройке вулкана. Побочные прорывы происходили даже на отметках 4200–4500 м. Происходили разрушения постройки вулкана и образование глубоких рытвин (т. н. желобов и шарр) на его склонах. По оптимистическому прогнозу развития событий такие и даже более мощные разрушения могут произойти и в отдалённом будущем.

Во время извержений в 1984, 1985, 1989, 1994, 2005, 2007–2010, 2013, 2015–2016, 2020–2021 гг. происходило излияние лавовых потоков по вулcano-тектоническим желобам. В результате взаимодействия лавы с ледниками наблюдались фреатические взрывы, образовывались лахары, перекрывавшие и разрушавшие автомагистраль в окрестностях п. Ключи. Ключевская вулканостанция в настоящее время имеет полевые базы: «Апахончич», «Подкова», «Цирк», «пункт Средний» (монолитный бетонный стационар на высоте 2500 м на северном склоне вулкана), бетонный домик – «озеро Держави-

на», полевой стационар «Плотина» на юго-востоке от вулкана Безымянный; станция «Толуд» на восточной окраине Толбачинской зоны арёального вулканизма. Ключевской вулкан притягивает к себе и альпинистов. В 2022 г. к его кратеру было 3 восхождения, в 2023 и 2024 – по два. В эти годы высота вулкана была в пределах 4848–4850 м.

Вулкан Безымянный

Этот вулкан расположен в восточной части Ключевской группы вулканов. Его высота до извержения 1956 г. была 3085 м, в настоящее время близка к 2900 м. После тысячелетнего периода покоя 30 марта 1956 г. произошло извержение типа «направленного взрыва». Это извержение и последующие были хорошо изучены Г. Е. Богоявленской и др. [2, с. 3–13; 8, с. 107–110]. С тех пор происходит рост и формирование андезитового экструзивного купола. Процесс выжимания экструзивного купола сопровождается эксплозивными взрывами с образованием раскалённых лавин, пирокластических потоков и лахар. С 1977 г. на куполе появилась вязкая лава. Наиболее опасны во время извержений эксплозивные взрывы. Всего с начала деятельности вулкана произошло **79 эксплозивных извержений**.

Вулкан Шивелуч

Андезитовый вулкан Шивелуч со средним расходом 36 млн т в год занимает второе место на Камчатке по объёму продуктов извержений. Расположен в 50 км к северу от п. Ключи [3]. 12 ноября 1964 г. произошло катастрофическое извержение, после которого наблюдался 16-летний перерыв в работе вулкана. С августа 1980 г. на Шивелуче в центральной части кратера, образованного в ходе извержения 1964 г., происходило выжимание нового экструзивного купола. Процесс формирования новых экструзивных куполов идёт неравномерно, сопровождается эксплозивными взрывами, раскалёнными пирокластическими потоками, лахарами. Иногда происходит частичное разрушение вновь образовавшейся постройки нового купола. Отдельные этапы извержений происходили: с августа 1980 до конца 1981 г., затем следующий этап с апреля 1993 по январь 1995 г. Последний этап продолжался с апреля-мая 2001 по апрель 2023 г. Этот этап окончился катастрофическим извержением 11 апреля 2023 г., с разрушением постройки нового купола. Общий объём извергнутых продуктов во время этого

извержения был близок $0,6 \text{ км}^3$. Формирование экструзивного купола сопровождалось эксплозивными взрывами различной мощности. Высота подъёма эруптивных колонн достигала 10–15 км. Наиболее мощные взрывы происходили: 19 мая 2001 г., 10 мая 2004 г., 27 февраля 2005 г., 28 октября 2010 г., 3 декабря 2013 г., 30 декабря 2018 г., 11 апреля 2023 г. В настоящее время вулкан находится в стадии выжимания купола.

Вулкан Плоский Толбачик

18 сентября 1975 г. в 8 часов утра, по системе длинных трещин, открывающихся одна за другой, началось извержение в Толбачинской зоне ареального вулканизма у юго-восточного подножья вулкана Плоский Толбачик. Оно совершенно точно было предсказано сотрудниками Института вулканологии под руководством Павла Ивановича Токарева. С мая 1941 г. Плоский Толбачик молчал. На прекрасных ягельных пастбищах здесь паслись стада оленей. После окончания извержения, которому вулканологи дали название **Большое трещинное Толбачинское извержение (БТТИ)**, эта зона превратилась в выжженную пустыню с похожим на лунный рельефом. Кстати, здесь в 70-х гг. XX в. испытывали модели луноходов и марсоходов. В ходе извержения сформировались 4 новых лавово-шлаковых конуса высотой до 120 м. Пеплово-газовые тучи поднимались на высоту до 18 км. Их наблюдали наши космонавты с орбиты космической станции. Огненные реки базальта с температурой более 1000°C текли со скоростью до 2 м/сек. Средний расход продуктов извержения составил 22,8 млн т в сутки для Северного прорыва и 4,8 млн т в сутки для Южного. Всего было извергнуто 3810 млн т твёрдых продуктов [5, с. 36–45]. БТТИ детально изучено камчатскими вулканологами и было широко известно в научном мире.

В сентябре 2012 г. непосредственно под постройкой вулкана Плоский Толбачик стали фиксироваться сильные землетрясения. В ноябре их частота и интенсивность резко увеличились, и 27 ноября 2012 г. в 17 ч. 15 мин. местного времени на южном склоне вулкана началось новое грандиозное извержение, которое получило название **«Трещинное Толбачинское извержение им. 50-летия Института вулканологии и сейсмологии (ТТИ-50)»**. Оно так же, как и БТТИ, началось с образования мощной трещины длиной около 500 м, на которой впоследствии сфокусировалось несколько магма-

тических жерл. Извержение продолжалось до сентября 2013 г. и было достаточно полно изучено сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, а также приезжими специалистами из других регионов России [9]. Работали на извержении и зарубежные учёные. Основной базой, где формировались полевые отряды для работы на извержении и откуда прилетали вертолёты с научным оборудованием, как всегда, была Камчатская вулканостанция. В результате извержения, происходившего в разное время из двух центров эрупции («Прорыва Меньяйлова» в первую неделю извержения и «Прорыва Набоко» с несколькими жерлами в последующем), были сформированы три мощных лавовых потока. Два из них (с истоком в основном от «Прорыва Меньяйлова») практически в самом начале извержения полностью сожгли и перекрыли лавой полевые базы вулканологов Ленинградскую и в долине ручья Водопадный. Общий объём изверженного материала оценён в $0,54 \text{ км}^3$. Общая площадь лавовых потоков составила $36,0 \text{ км}^2$. Значительные изменения претерпевал в процессе извержения и кратер вулкана Плоский Толбачик. Здесь были обрушения, периодически возникали фумаролы и горячее озеро.

В практику научных исследований на Ключевской вулканостанции уже внедряются наиболее перспективные методы наблюдений активности вулканов. Среди них – дистанционные методы с помощью дронов, а также спутниковые технологии определения деформаций склонов вулканов и фотограмметрические работы как наземных перспективных съёмок, так и аэрофотосъёмок.

Заключение

В сентябре 2025 г. Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН будет отмечать 90-летие Камчатской (Ключевской) вулканологической станции. С 1962 г. она организационно входит в состав Института как научное подразделение.

В настоящее время в составе Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН имеется 14 научных подразделений (лабораторий), аналитический центр, информационно-вычислительный центр, научная библиотека, научный музей, отдел международных связей и сеть научных стационаров и полевых баз по всей территории Камчатки, включая самую крупную – Камчатскую (Ключевскую) вулканостанцию.

Практически сразу по организации Камчатской вулканостанции, которая тогда организационно входила в состав Лаборатории вулка-

нологии АН СССР в Москве, начал издаваться научный журнал «Труды Лаборатории вулканологии АН СССР», в котором сотрудники вулканостанции печатали свои научные статьи. С 1965 г. вместо этого издания стал выпускаться журнал «Бюллетень вулканологических станций». До 1979 г. было издано 57 номеров этого журнала. Но с организацией Института вулканологии возникла возможность и собственного научного журнала. Институт организовал свою редакцию и с января 1979 г. стал выпускать научный журнал «Вулканология и сейсмология» с периодичностью 6 номеров в год на русском и английском языках. Первым научным редактором журнала был директор Института вулканологии, член-корреспондент (затем академик) АН СССР С. А. Федотов. В настоящее время Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН издаёт два научных журнала – «Вулканология и сейсмология» и «Вестник КРАУНЦ» (Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр»), который выходит два раза в год.

Основной научной целью Института (и, естественно, сотрудников вулканостанции, как научного подразделения Института вулканологии и

сейсмологии ДВО РАН) по-прежнему является выполнение фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области вулканологии, сейсмологии и геодинамики зон перехода океан-континент. Направления научной деятельности фокусируются на следующих крупных проблемах:

1. Вулканизм и связанные с ним геологические, геофизические, геохимические и геотермальные процессы, механизм вулканической деятельности, вулканогенное рудообразование, геоэкология.

2. Сейсмичность, тектоника, геодинамика, строение и эволюция зон вулканизма, прогноз землетрясений и извержений вулканов, сейсмическая, вулканическая и цунамиопасность.

Наш короткий экскурс в историю научной деятельности сотрудников нынешнего юбилея – Камчатской вулканологической станции в посёлке Ключи, сделан с целью показать как развивалась вулканологическая наука на Камчатке в XX и в начале XXI в., и какие наиболее важные научные результаты были получены за прошедшие 90 лет.

1. Базанова Л. И., Мелекесцев И. В., Пономарева В. В., Дирксен О. В., Дирксен В. Г. Вулканические катастрофы позднего плейстоцена-голоцена на Камчатке и Курильских островах. Часть I : Типы и классы катастрофических извержений – главных компонентов вулканического катастрофизма // Вулканология и сейсмология. 2016. № 3. С. 3–21.
2. Богоявленская Г. Е., Кирсанов И. Т. Двадцать пять лет вулканической активности вулкана Безымянный // Вулканология и сейсмология. 1991. № 2. С. 3–13.
3. Гирина О. А. Современная активность вулканов Северной группы Камчатки. Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2024. 298 с.
4. Горшков Г. С. Каталог действующих вулканов Курильских островов // Бюллетень вулканологической станции. 1957. № 25. С. 96–178.
5. Действующие вулканы Камчатки. М. : Наука, 1991. Т. 1. С. 36–45
6. Крашенинников С. П. Описание земли Камчатки. Петропавловск-Камчатский : Новая кн., 2018. 921 с.
7. Мархинин Е. К. Роль вулканизма в формировании земной коры. М. : Наука, 1967. 225 с.
8. Озеров А. Ю., Демянчук Ю. В., Сторчеус А. В., Карпов Г. А. Извержение вулкана Безымянный 6–8 октября 1995 г. // Вулканология и сейсмология. 1996. № 3. С. 107–110.
9. Толбачинское трещинное извержение 2012–2013 гг. Новосибирск : Изд-во Сиб. отд-ния РАН, 2017. 420 с.
10. Федотов С. А. Глубинное строение, свойства верхней мантии, вулканическая деятельность Курило-Камчатской островной дуги по сейсмологическим данным на 1964 г. // Вулканизм и глубинное строение Земли : тр. Второго Всесоюз. вулканол. совещ., 3–17 сент. 1964 г. М., 1966. С. 8–25.