

УДК 551.21.03

ПРОГНОЗЫ ВРЕМЕНИ, ОБЪЕМОВ ИЗВЕРЖЕННОГО МАТЕРИАЛА,  
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ КАРЫМСКИЙ В 1996-2002 гг.  
И ШИВЕЛУЧ В 2001- 2002 гг. И ИХ ОПРАВДЫВАЕМОСТЬ

**В.В. Иванов**

*Институт вулканологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006,  
e-mail: [vivanov@kcs.iks.ru](mailto:vivanov@kcs.iks.ru)*

**Прогнозы и их методика**

За последние 7 лет на Камчатке было успешно спрогнозировано два наиболее сильных и интересных извержения: в Карымском вулканическом центре и вулкана Шивелуч с объемом изверженных продуктов 0.1 км<sup>3</sup> и 0.3 км<sup>3</sup> соответственно. Краткосрочный прогноз большого экструзивного и эксплозивного извержения Шивелуча, самого опасного андезитового вулкана на Камчатке, признан выдающимся достижением Дальневосточного отделения РАН в 2001 г. Прогноз извержения Карымского вулкана позволил начать успешное изучение с самого начала редких вулканических и тектонических явлений, происшедших в Карымском

вулканическом центре. Такие явления повторяются там один раз в несколько тысяч лет [1,2]. Достигнутый успех был бы невозможен без проведения мониторинга этих вулканов радиотелеметрической сейсмической сетью Камчатской опытно-методической сейсмологической партии Геофизической службы Российской академии наук (КОМСП ГС РАН), из которых две сейсмостанции располагаются на Шивелуче и на Карымском.

Прогнозы в обоих случаях подавались нами *письменно* и заблаговременно в два экспертных совета по прогнозу сильных землетрясений и вулканических извержений на Камчатке и директору Института вулканологии ДВО РАН (ИВ ДВО РАН) за подписью автора статьи и научного сотрудника ИВГиГ ДВО РАН А.В. Сторчеуса, и их можно считать официальными документами. В этих записках, озаглавленных «О возможном извержении вулкана Карымский (или Шивелуч) по сейсмологическим данным» определенно и с необходимыми выкладками нами сообщалось о повышенной вероятности извержений в заданных временных интервалах. Там также были даны прогнозы масс изверженных продуктов, продолжительности, параметры возможных опасных явлений, рекомендации о проведении необходимых организационных мероприятий (извещении авиаторов об опасности, усилении слежения за вулканом, создании полевых отрядов в ИВ ДВО РАН для изучения будущего извержения и т.д.). Эти прогнозы были включены в окончательные заключения экспертных советов, которые были переданы в Министерство по чрезвычайным ситуациям (МЧС) и местным исполнительным органам власти. На основании вышеизложенного автором прогноза времени и опасных явлений извержения вулкана Карымский является А.В. Сторчеус. Автором прогноза развития извержения в Карымский и автором всех прогнозов извержения в Шивелуч в 2001-2003 гг. является автор настоящей статьи.

Время начала извержения прогнозировалось на основе анализа характерных особенностей вулканических землетрясений и их развития в пространстве и времени с учетом опыта прошлых извержений и состояния вулкана. Масса оценивалась путем умножения средней продуктивности вулкана за геологическое время на временной интервал аккумуляции магмы в магматическом очаге (период покоя вулкана) [4]. Параметры ожидаемых опасных явлений принимались равными параметрам на аналогичных извержениях вулкана в прошлом. Продолжительность извержения рассчитывалась путем деления ожидаемых масс изверженного материала на наблюдаемый его расход в начальную фазу извержения. Последний рассчитывался по высотам подъема вулканических облаков [5]. В настоящее время оба извержения заканчиваются, и можно сравнить предсказанные и действительные параметры и оценить эффективность выданных прогнозов. Ранее детальные материалы по прогнозу этих извержений не публиковались.

## Предвестники извержений и основные события 1-2 января 1996 г. в Карымском районе

1-2 января 1996 г. в Карымском вулканическом центре после 14 лет покоя началось вершинное извержение Карымского вулкана и почти одновременно произошло подводное извержение в кальдере Академии Наук, заполненной озером. Подводное извержение продолжалось один день и образовало на дне озера широкий шлаковый конус (туфовое кольцо), сложенный базальтами объемом  $\sim 0.04 \text{ км}^3$ , который выступил из воды в



виде нового полуострова. Площадь полуострова - примерно  $0.7 \text{ км}^2$  (фото 1).

Фото 1. Вид района извержения в Карымском вулканическом центре 26 сентября 2000 г. Фото автора.

Извержения вначале предварялись роем слабых ( $K_s < 9$ ) вулканических, а затем и необычно сильных для континентальной Камчатки вулкано-тектонических землетрясений с магнитудой наиболее сильного события  $M$  до 6.9. Извержение в озере и землетрясение с  $M=6.9$  на континентальной Камчатке наблюдалось в историческое время впервые. Извержение Карымского вулкана продолжалось с перерывами более 7 лет и продолжается и в настоящее время (май 2003 г.). За 7 лет (с 1996 по 2002 гг.) масса изверженных пород андезитового состава оценивается в 107 млн. тонн (рассчитано автором на основании устного сообщения В.Н. Двигало об объемах изверженных продуктов). Ниже дана сводка предвестников и событий 1-2 января в Карымском районе.

### Предвестники

**1993г.** Впервые с 1982 г. отмечена термальная аномалия и усиление фумарольной деятельности в кратере в. Карымский (Двигало В.Н. и Дубровская И.К. в отчете ИВ ДВО РАН по ГНТП №18 за 1993 г.).

**Март 1995 г.** Начало роя слабых ( $K_s < 9$ ) местных вулканических землетрясений.

### Хронология событий

1 января 1996 г.

**16 час.** Начало роя необычайно сильных местных вулкано-тектонических землетрясений.

**18 час. 15 мин.** Извещение Камчатского отделения Министерства чрезвычайных ситуаций (МЧС) о сейсмической активизации на Карымском и о том, что началось извержение Карым-

ского вулкана (В.В. Ящук, КОМСП ГС РАН). Передача этого сообщения также в ИВ ДВО РАН С.А.Федотову и В.В.Иванову.

**20 час. 57 мин.** Первое ощутимое в Петропавловске-Камчатском землетрясение из Карымского района.

**21 час. 57 мин.** Сильнейшее вулcano-тектоническое землетрясение роя в Карымском районе ( $M = 6.9$ ).

**Вечер.** Контакты с руководством области (Синченко Б.П.) о необходимости облета извержения (С.А. Федотов, устное сообщение).

2 января 1996 г.

**Ночь:** Начало извержения в. Карымский (наблюдения Коваленкова А.Г.).

**9 час. 45 мин.** Впервые надежно отмечен пепловый шлейф извержения в. Карымский (по спутниковым данным Камчатского управления по гидрометеослужбе и контролю природной среды, ретроспективно).

~ **11 час. 30 мин.** Сообщение В.Н. Плоцкого в ИВ ДВО РАН об облаке извержения над Карымским районом на абсолютной высоте 6-7 км (отмечено с самолета, по данным диспетчерской службы аэропорта г. Елизова) /начало подводного извержения в Карымском озере/.

~ **13 час.** Начало подготовки вертолета МЧС для облета района извержения.

**15 час-17 час. 30 мин.** Облет района и обнаружение подводного извержения в озере и извержения вулкана Карымский (ИВ ДВО РАН, руководитель С.А.Федотов).

### **Прогноз извержения вулкана Карымский и его оправдываемость**

*На основании сейсмологических и других данных в апреле 1995 г. был дан первый прогноз времени начала и силы извержения вулкана Карымский (с заблаговременностью от нескольких дней до нескольких недель). В дальнейшем заблаговременность была увеличена до 1-3 месяцев и прогноз еженедельно продлевался вплоть до начала извержения, которое случилось через 8 месяцев после выдачи первого прогноза (Сторчеус А.В.). Поэтому, продолженный прогноз времени начала этого извержения можно считать оправдавшимся. Предполагалось, что магма в магматическом очаге вулкана за длительный (14-летний) интервал его покоя основательно насытилась вулканическими газами и поэтому на Карымском ожидалось сильное взрывное извержение, чего в действительности не случилось. Начальная фаза извержения была чисто взрывной, однако максимальная высота и длина шлейфа извержения оказались заметно меньше (в 5-10 раз), чем прогнозировалось. Ожидаемая масса изверженных продуктов, накопленная за 14 лет покоя вулкана Карымский в его очаге, оценивалась автором статьи в 62 млн. тонн, что меньше, чем изверженная масса, равная 107 млн. тонн. Учитывая семилетнюю продолжительность извержения (с 1996 по 2002 гг.), прогнозная масса оценивается в 92 млн. тонн, что близко к изверженной массе. Продолжительность извер-*

жения Карымского вулкана прогнозировалась в диапазоне от 200 дней до 4 лет, а продолжительность всего цикла эруптивной активности оценивалась автором статьи в 10 лет. Это находится в согласии с наблюдаемыми величинами. Однако прогнозы не предполагали, что одновременно с извержением Карымского произойдет подводное извержение в Карымском озере.

### Основные события на вулкане Шивелуч в апреле-мае 2001г.

Шивелуч является наиболее опасным гигантским андезитовым вулканом Камчатки. За последние 65000 лет его средняя продуктивность составила  $36 \times 10^6$  тонн магмы в год. Во время последнего катастрофического извержения 12 ноября 1964 г. с объемом около  $1.5 \text{ км}^3$  на вулкане был образован кратер с размерами примерно  $1.5 \times 3 \text{ км}$ , обвально - взрывные покровы отложились на расстоянии до 18 км от кратера. С 1980 г. в этом кратере периодически растет новый лавовый купол, что также сопровождается сильными эксплозивными фазами. Вулкан опасен для небольшого поселка (~ 20км от Шивелуча), для г. Ключи (~ 45км) и для отечественных и многочисленных международных авиалиний в этом районе.

**Новое большое извержение началось 30 апреля 2001 г.** (экструзивная фаза, обнаружено ретроспективно по данным Аляскинской вулканологической обсерватории).

**Главная эксплозивная фаза извержения произошла 19 мая 2001 г.**, спустя 20 дней после начала экструзивной фазы и продолжалась около 7 часов (фото 2). Абсолютная высота пеплового шлейфа извержения была до 20 км, оно было снесено на расстояние около 500 км от вулкана. На малых абсолютных высотах (от 0 до 5 км) шлейф распространялся в северном направлении, что вызывало



Фото 2. Основное эксплозивное извержение влк. Шивелуч 19 мая 2001 г., вид с запада с расстояния около 20 км. Видимая на фото абсолютная высота эруптивного шлейфа около 15 км, максимальная высота по спутниковым данным около 20 км. На абсолютных высотах более 10.5 км шлейф виден хуже из-за полупрозрачной метеорологической облачности. Видеокадр Ю.В. Демянчука.

интенсивные пеплопады (фото 2). На абсолютных высотах более 8 км облако разворачивалось примерно на 90 градусов, распространяясь уже в восточном направлении. К счастью, пепловое облако прошло мимо военного поселка, расположенного на расстоянии около 20 км к западу от вулкана (фото 3). Паники не было, поскольку военные были предупреждены о готовящемся извержении. Вместе с тем, при восточном ветре в поселке могло выпасть много пепла (на расстоянии 27 км к северу от вулкана выпало  $2.5 \text{ кг/м}^2$ ). Извержение сопровожда-

лось молниями, мощными пирокластическими потоками по руслам сухих рек длиной до 18 км и протяженными лахарами, разрушившими две автодороги в этом районе.

### Прогноз извержения вулкана Шивелуч в 2001-2003 гг. и его главной взрывной фазы

*24 апреля 2001 г., за неделю до начала экструзивной фазы, автор статьи официально дал краткосрочный прогноз времени начала этого извержения (с заблаговременностью от 1*



Фото 3. Вид извержения Шивелуча 19 мая 2001 г. из поселка, расположенного на расстоянии около 20 км к западу от вулкана. Видеокадр любезно предоставлен Ю.В.Демянчуком.

*до 3 недель), объемов изверженных продуктов и параметров опасных явлений. 7 мая 2001 г., за 12 дней до начала основной взрывной фазы, информация об ожидаемом извержении и его опасности была передана в военный гарнизон г. Ключи. Главная эксплозивная фаза также была успешно предсказана автором статьи за 7 часов до ее начала (прогноз объявлен*

*устно на Ключевской вулканостанции).*

*Это позволило начать непрерывное слежение за экструзивном куполом и*

*изучить развитие этой фазы.* С мая 2001 г. по декабрь 2002 г. общий объем продуктов извергнутых Шивелучем (лава и брекчиевая мантия) оценивается по данным В.Н. Двигало в  $0.278 \text{ км}^3$ , что соответствует предсказанным нами величинам ( $0.1-0.3 \text{ км}^3$ ). Прогнозируемые максимальные высоты пепловых облаков и длины пирокластических и грязевых потоков также оказались в хорошем соответствии с наблюдаемыми. В результате извержения внутри активного кратера вырос огромный лавовый купол, его высота увеличилась на 135 м и достигла 485 м (данные Н.А.Жаринова). Полный объем лавового купола оценивается в  $0.478 \text{ км}^3$ . Извержение Шивелуча продолжается и в настоящее время (март 2003 г.). Таким образом, прогнозы времени начала эструзивного извержения Шивелуча и его главной взрывной фазы, объемов изверженных продуктов и опасности успешно оправдались.

Сейсмический мониторинг, успешные прогнозы, оперативный выезд ученых на место извержения позволили предупредить исполнительные органы Камчатки о степени опасности и изучить редкие и опасные природные явления (извержения в Карымском вулканическом центре и вулкана Шивелуч) с самого их начала.

### Об отношении к прогнозам извержений вулканов

Задача прогнозирования стихийных явлений природы, к которым относятся извержения вулканов, очень сложная. Извержения могут быть по мощности разные-слабые, не приносящие никакого вреда, и сильные (катастрофические), от которых может быть реальная угроза. Несомненно, при существующем уровне знаний прогнозы извержений вулканов (и землетрясений тем более) не формализованы настолько, чтобы их можно было делать по стандартным методикам и передать в соответствующую службу, типа прогноза погоды. Нередко выводы о предстоящем извержении приходится делать в условиях дефицита информации или без ясного понимания происходящих процессов. Пока такие прогнозы - это прикладные результаты научных исследований, направленных на совершенствование самих методов. Опыт показывает, что зачастую простое голосование членов экспертного совета по прогнозу не отличается от случайного угадывания. Поэтому важнейшее значение при выдаче обоснованного прогнозного заключения имеют опыт, интуиция и даже искусство конкретного исследователя (эксперта). То есть его *личный интеллектуальный вклад* в данный прогноз. Немаловажное значение имеет ежедневная и кропотливая работа по анализу данных (автору как члену совета по прогнозу ИВ ДВО РАН и КОМСП ГС РАН приходится лично просматривать около 200 сейсмограмм в неделю). Для подачи официального письменного прогнозного заключения в совет от исследователя требуется уверенность и немалое мужество, поскольку прогноз может и не оправдаться и в случае выдачи ложной тревоги исполнительным органам власти возможны нежелательные экономические и социальные последствия. Поэтому в прогнозах извержений вулканов, как и в результатах любых научных исследований, обязательно необходимо признавать авторство.

В работе советов по прогнозу необходимо руководствоваться четкими правилами, в частности, соблюдать авторские права. Здесь имеются проблемы. Возможно поэтому авторы прогнозов зачастую стремятся передавать их напрямую в средства массовой информации, минуя экспертные советы [3]. Часто можно услышать, что официальные прогнозы дают экспертные советы. Это верно, так как согласно кодексу этики прогнозирования [3] все прогнозные заключения следует подавать в соответствующий экспертный совет, который проводит экспертизу поступающих прогнозов, выдает окончательное прогнозное заключение и рассылает его в МЧС или местным исполнительным органам власти. Вместе с тем, возникает вопрос, кто из членов совета (или других исследователей) внес решающий интеллектуальный вклад в данный прогноз. На наш взгляд, для доказательства такого вклада необходимо представить подтверждающие документы. Такими документами, как правило, являются заблаговременные *письменные* прогнозные заключения, поданные различными исследователями в советы по прогнозу или опубликованные в средствах массовой информации.

1. Белоусов А.Б., Белоусова М.Г., Муравьев Я.Д. Голоценовые извержения в кальдере Академии наук и возраст стратовулкана Карымский (Камчатка) // Доклады Академии наук. Сер. Геология. Том 354. № 5. С. 648-652.
2. Брайцева О.А. Фреатомагматическое извержение в озере Карымское (Восточная Камчатка) ~ 6500  $^{14}\text{C}$ -лет назад и импульсы подачи базальтового вещества в районе Карымского вулкана в голоцене//Вулканология и сейсмология. 1997. № 5. С. 138-144.
3. Соболев Г.А., Завьялов А.Д., Седова Е.Н. Кодекс этики прогнозирования землетрясений// Физика Земли. 1994. № 1. С. 91-93.
4. Токарев П.И. Некоторые закономерности вулканического процесса // Магмообразование и его отражение в вулканическом процессе. М. Наука, 1977.С. 25-40.
5. Федотов С.А. Оценки выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями по высоте их струй и облаков // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 3-28.