

УДК 551.21

# ПРОГНОЗ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНОВ НА КАМЧАТКЕ (ОСНОВНЫЕ ИТОГИ 1955-2012 гг.). ЧАСТЬ II. «ПРОПУСКИ ЦЕЛИ», «ЛОЖНЫЕ ТРЕВОГИ» И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ\*

**В.В. ИВАНОВ,**

с.н.с., к.г.-м.н.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО  
РАН(Россия, 68306, г. Петропавловск-  
Камчатский, бульвар Пийпа, 9)

E-mail: victor@kscnet.ru

В первой части статьи, опубликованной в вып. 1, 2015 г., были проанализированы методы мониторинга и методики прогнозирования извержений вулканов на Камчатке, работа экспертных советов, дана сводка успешных прогнозов за 57 лет (с 1955 по 2012 гг.). Во второй части статьи дан анализ примеров «пропусков цели» и «ложных тревог», дано подробное изложение обстоятельств, связанных с наиболее важными прогнозами. Отмечено большое количество «пропусков цели» и «ложных тревог». Анализируются причины сравнительно низкой эффективности прогнозирования и намечаются возможные пути ее повышения.

*Ключевые слова:* вулканическое извержение, вулканическая опасность, прогноз извержений, вулканическое землетрясение

Рассмотренные в первой части статьи прогнозы [1] — это только отдельные успехи. За эти годы было много «пропусков цели», «ложных тревог» и больших ошибок в оценке масштаба извержений. Среди нескольких побочных извержений Ключевского вулкана, начиная с начала на нем детальных сейсмологических наблюдений в 1959 г., было предсказано всего одно [2]. Вершинное извержение Авачинского вулкана в 1991 г. не предварялось роением вулканических землетрясений и потому не ожидалось [3]. На Карымском вулкане с начала непрерывных сейсмологических наблюдений (с октября 1970 г.) было предсказано всего одно извержение, начавшееся 2 января 1996 г., а одновременное с ним моногенное извержение в Карымском озере 2-3 января 1996 г. оказалось неожиданным [4]. Ни одно вершинное извержение Ключевского вулкана не было предсказано в краткосрочном варианте [5]. Не было предсказано масштабное побочное извержение Плоского Толбачика, начавшееся 28.11.2012 г. [6]. Много было «ложных тревог». Например, в апреле 1974 г. на основании развития роя вулканических землетрясений ожидалось побочное извержение Ключевского вулкана, однако в заданное время оно не произошло, а случилось в августе этого же года. «Ложной тревогой» оказался прогноз сильной взрывной фазы на вулкане Шивелуч 17.07.2001 г.

Проблематичным остается прогнозирование масштаба будущих и идущих извержений. Таким образом, в целом эффективность прогнозирования оказалась сравнительно невысокой. Несмотря на развитие систем и методов наблюдений, прогнозирование извержений вулканов на Камчатке и в настоящее время представляет актуальную проблему.

Анализ предвестников извержений различных типов на Камчатке позволяет сделать вывод, что существует три основных причины сравнительно низкой эффективности прогнозирования. Во-первых, это отсутствие предвестников или их слабая выраженность [5]. Во-вторых, наличие значительной непредсказуемости в поведении магматических систем [7,8]. И только, в-третьих, недостаточность системы наблюдений, понимания природы магматических процессов и недостатки методик прогнозирования. Проиллюстрируем это на некоторых характерных примерах.

\* Автор выражает признательность В.И. Андрееву, А.В. Викулину, В.Т. Гарбузовой, О.А. Гириной, В.Н. Двигало, Ю.В. Демянчуку, В.А. Дроздину, И.К. Дубровской, Г.А. Карпову, М.А. Магуськину, А.И. Малышеву, Я.Д. Муравьеву, А.Ю. Озерову, Г.П. Пономареву, А.П. Хренову, П.П. Фирстову и Г.С. Штейнбергу за предоставление исходных материалов, консультации и дискуссии. Особая благодарность В.А. Широкову и И.В. Мелекесцеву за многочасовые полезные обсуждения рассматриваемых в статье вопросов.

**Недостаточность системы наблюдений, внимания природы магматических процессов (отсутствие опытных экспертов) и недостатки методик прогнозирования**

Несмотря на имеющиеся методики прогноза, налаженную систему ежесуточной передачи оперативных сейсмологических данных в г. Петропавловск-Камчатский по радиосвязи, предсказанием пароксизмального извержения андезитового вулкана Шивелуч 12.11.1964 г. в краткосрочном варианте никто не занимался. К сожалению, в это время автор методики П.И. Токарев находился в командировке (сообщение М.Ф. Бобкова). Главные события предвещающего извержения роя имели место 1-11 ноября 1964 г., т.е. в течение последних 10 дней до извержения [9,10].

Несмотря на успешный в целом краткосрочный прогноз извержения вулкана Шивелуч в 2001 г. [11], отсутствие видимости вулкана с 1 по 11 мая и низкая точность определения глубины очагов вулканических землетрясений сетью сейсмостанций КОМСП ГС РАН вызывали определенные сомнения в сроках начала извержения [4].

17 июля 2001 г. на основании факта длительно (в течение одной недели) нарастания амплитуды вулканического дрожания и характера выжимаемой экструзии, в дирекцию ИВ ДВО РАН поступило прогнозное заключение от вулканологического отряда в г. Ключи о «высокой вероятности в ближайшие часы-сутки на вулкане Шивелуч сильной взрывной фазы», которое не оправдалось. Проведенный нами ретроспективный анализ показывает, что к началу июля 2001 г. в результате сильных взрывных извержений 19-22 мая и 1-2 июля магма вулкана Шивелуч значительно дегазировалась. После этого ожидать на нем сильных взрывных извержений не было оснований. Состояние магматической системы вулкана существенно изменилось, неучёт этого обстоятельства и привёл к «ложной тревоге».

Трещинное Толбачинское извержение, начавшееся 27 ноября 2012 г. [6] не было предсказано, поскольку общепринятые методики анализа сейсмического режима заблаговременно не показывали явно выраженных предвестниковых аномалий. Ретроспективный анализ сейсмичности более совершенной методикой статистической оценки уровня сейсмичности [12] показал, что сейсмическая активизация в Толбачинском районе началась с июля 2013 г. [13].

**Слабая выраженность предвестников или их отсутствие**

Такое поведение имеет место, когда относительно маловязкие магмы поднимаются перед извержениями по длительно действующим центральным питающим каналам. Это характерно для вершинных извержений вулканов Ключевского, Авачинского и Карымского с основным или промежуточным соста-

вом вулканических продуктов. Подъем таких магм в каналах происходит относительно свободно и не сопровождается заметными роями вулканических землетрясений [3,5]. Вероятно, при этом во вмещающей среде не возникает значительных избыточных напряжений и деформаций (условия открытой системы).

Условия открытой системы также наблюдаются перед некоторыми пароксизмальными и рядом сильных взрывных фаз на андезитовых вулканах. Как автор указывал выше, это связано с тем, что взрывоопасная андезитовая магма относительно маловязкая в силу её глубинности, более высокой температуры, газонасыщенности и ее подъем в питающем канале не порождает заметных предвестников. Известно, что землетрясения предвещающего роя прекратились за несколько дней до пароксизмального взрыва на вулкане Безымянный 30.03.1956 г. [14]. Аналогичная картина наблюдалась перед главной взрывной фазой на вулкане Шивелуч 19.05.2001 г. [4,11]. Две последующих наиболее сильных взрывных фазы на вулкане Шивелуч 27.02.2005 г. и 27.10.2010 г. не предвещались роями вулканических землетрясений и оказались неожиданными [15]. На вулкане Безымянный из-за снижения вязкости магм в последние три десятилетия произошла смена режима извержений с экструзивно-взрывного на преимущественно эффузивно-взрывное [16]. Энергия землетрясений, предвещающих сильные взрывные фазы на этом вулкане резко уменьшилась, возможность прогнозирования их появилась лишь с понижением порога регистрации землетрясений сетью сейсмостанций и с использованием термальных спутниковых данных [17,18].

Дополнительные сложности прогнозирования открытых систем возникают в случае относительно быстрого подъёма основных магм в центральных питающих каналах вулканов. Такие извержения возникают без каких-либо предвестников, внезапно. Примером служат извержения вулканов Авачинского в 1991 г., Ключевского в 1994 и 2005 гг. За непродолжительное время подъема магмы к поверхности, выделившиеся из нее летучие в виде свободной газовой фазы, не успевают заметно всплыть, объединения газовых пузырьков не происходит. Крупные газовые структуры в магме не образуются, что резко снижает скорость её дегазации. Вот почему предвещающая извержение эмиссия газов через центральный кратер выражена слабо или отсутствует. По этой же причине не выражены связанные с дегазацией магмы близповерхностные сейсмические сигналы [3,5]. Следовательно, можно ожидать, что сейсмические, термальные и газогидрохимические предвестники таких извержений будут проявлены в очень небольшой степени или отсутствовать вовсе.

В ряде случаев мощное вулканическое дрожание во время идущих извержений маскирует слабые сейсмические сигналы на других вулканах, в связи

с чем прогнозирование последних по сейсмологическим данным становится сильно затруднено или невозможно. Например, дрожание во время длительных вершинных извержений Ключевского вулкана сильно мешает выделению слабой сейсмичности на Безымянном вулкане.

#### *Наличие непредсказуемости в поведении магматических систем*

Известно, что около 30% роев вулканических землетрясений на вулканах Ключевском и Толбачинском не заканчиваются побочными извержениями; в ряде случаев магма внедряется в дайки, но не достигает поверхности земли [19]. Непредсказуемость поведения магматических систем выражается также в том, что для роев, которые заканчиваются побочными извержениями, однозначных закономерностей в поведении их параметров, увы, не наблюдается. Проведенный нами анализ (здесь не приводится) показывает, что отмечается значительный разброс, как в величинах длительности предваряющих роев, так и в характере их развития для различных побочных извержений. Это приводит к тому, что, несмотря на предложенную методику прогноза [20] среди нескольких побочных извержений Ключевского вулкана с начала детальных сейсмологических наблюдений на нём (1959 г.), было предсказано всего одно в 1983 г. [21]. Одновременное с извержением Карымского вулкана моногенное базальтовое извержение в Карымском озере 2-3.01.1996 г., также не ожидалось [4]. Не было предсказано побочное извержение Плоского Толбачика, начавшееся 28.11.2012 г., поскольку в отличие от ряда других случаев [20] явный рой вулканических землетрясений начался всего за двое суток до начала извержения и самые сильные землетрясения роя происходили в последние часы перед ним [6,13].

Значительная неопределенность связана с определением моментов пароксизмальных фаз извержений андезитовых и дацитовых вулканов. Гигантский направленный взрыв на вулкане Безымянном 30.3.1956 г. произошел после пяти месяцев извержения, которое началось 21.10.1955 г. как чисто эксплозивное, а затем сменилось длительной экстрезивной фазой [14]. Аналогичная картина имела место перед пароксизмальным взрывом 18.05.1980 г. на дацитовом вулкане Сент-Хеленс [22]. Напротив, пароксизмальное извержение вулкана Шивелуч 12.11.1964 г. началось внезапно без заметной поверхностной вулканической активности. Поэтому предсказывать сильные взрывные фазы на андезитовых вулканах пока проблематично. Например, извержение вулкана Сент-Хеленс в 1980 г. ожидалось по сейсмическим данным, однако предсказать его пароксизмальную фазу 18.05.1980 г. не удалось, что привело к человеческим жертвам [22]. К сожалению, ограниченный объем статьи не позволяет остановиться на этом вопросе более детально.

Было много «ложных тревог», о которых обычно не упоминают в литературе. Например, в апреле 1974 г. на основании развития роя вулканических землетрясений ожидалось побочное извержение Ключевского вулкана, однако, в заданное время оно не произошло, а случилось в августе этого же года в соответствии со среднесрочным прогнозом В.А. Ши рокова (1973 г.).

Проблематичным остается прогнозирование масштаба будущих и идущих извержений. Лишь небольшое число прогнозных заключений в приведенной выше таблице включало оценки масштаба извержения. П.И. Токарев в начале июля 1975 г. прогнозировал умеренное побочное извержение в Толбачинской ареальной зоне шлаковых конусов продолжительностью до 3 мес. [23], однако произошло на порядок более масштабное извержение [21]. Оно было необычно мощным и длилось около 2 лет, что явилось полной неожиданностью для вулканологов.

Из сказанного выше следует, что прогнозирование вулканических извержений представляет собой чрезвычайно сложную проблему. В первую очередь это связано с прогнозированием извержений вулканов, представляющих собой открытые системы, для которых предвестники извержений выражены слабо или вовсе отсутствуют. Дополнительные сложности связаны с внутренне присущей магматическим системам неопределенностью в их поведении. Все это происходит в условиях недостаточной изученности вулканов и происходящих в них процессов.

#### *Выводы*

1. Начиная со второй половины XX столетия, на Камчатке были развиты разнообразные системы инструментальных наблюдений на действующих вулканах, имеющие целью изучение активного вулканического процесса, мониторинга и прогноза вулканических извержений. Основным методом мониторинга является сейсмологический метод. За эти годы были изучены предвестники извержений как кислых, так и основных вулканов, как вершинных, так и побочных, предложены методики мониторинга, долго-, средне-, краткосрочного прогноза, их комплексирования, накоплен значительный опыт прогнозирования. П.И. Токаревым создана научная школа сейсмологического прогноза. Работают экспертные советы по прогнозу сильных землетрясений и извержений вулканов, которые координируют поисковые работы в этих направлениях.

2. С 1955 по 2012 гг. Камчатской вулканостанцией, ИВ, ИВГиГ и ИВиС ДВО РАН было выдано 29 успешных средне- и краткосрочных прогнозных заключений. Среди них среднесрочные прогнозы пароксизмальных извержений вулканов Безымянного 1956 г. и Шивелуча в 1964 г., краткосрочные прогнозы Большого трещинного Толбачинского извержения в 1975 г., побочного извержения вулкана Ключевского в 1983 г., вершинных извержений вулканов Карымского в 1996 г., Шивелуча в 2001 г.

и Безымянного в 2001-2012 гг. Экспертами КОМСП (КФ) ГС РАН было выдано около двух десятков успешных прогнозных заключений. Успешные прогнозы способствовали снижению вулканического риска для населения, инфраструктуры, авиации и позволили ученым изучить эти уникальные природные явления с самого начала.

3. Однако за эти годы отмечено большое количество «пропусков цели» и «ложных тревог». Сравнительно низкая эффективность прогнозирования объясняется, во-первых, отсутствием предвестников или слабой их выраженностью для целого ряда извержений. Во-вторых, непредсказуемостью поведения магматических систем, которая внутренне им присуща. И, в-третьих, недостатками систем мониторинга, недостаточным пониманием природы магматических процессов подготовки извержения и недостатками методик прогнозирования. Слабая выраженность или полное отсутствие сейсмологических предвестников наблюдаются, когда относительно маловязкие магмы поднимаются по готовым центральным питающим каналам (случай «открытых систем»). Это характерно как для вершинных извержений вулканов с основным составом продуктов, так и для многих сильных или пароксизмальных взрывных фаз на андезитовых вулканах. Непредсказуемость имеет место, когда магма внедряется в земную кору, образуя новые дайки; наблюдаются явные рои вулканических землетрясений, но побочного извержения не происходит, магма не доходит до поверхности земли. Большая непредсказуемость характерна также для моментов сильных и пароксизмальных взрывных фаз на андезитовых вулканах. Поэтому, несмотря на явно выраженные предвестники, выявить надежные закономерности в их поведении не удается, что создает значительные трудности для краткосрочного прогнозирования.

4. Повышение эффективности прогнозирования вулканических извержений на Камчатке, по мнению авторов, возможно по следующим трём направлениям:

- обобщение обширного камчатского и мирового опыта по изучению предвестников, механизму извержений, процессов в магматических питающих системах вулканов, развитию систем наблюдений и прогнозированию. Необходимо было бы специально проанализировать факторы, приводящие к непредсказуемости поведения магматических систем;

- развитие новых видов, систем и методов мониторинга в рамках программы комплексного мониторинга вулканов Дальневосточного региона [24]. В частности, путём создания систем для выделения более слабых сейсмических сигналов на вулканах, представляющих собой «открытые магматические системы» [5,18]. Важным для изучения вулканических процессов и прогнозирования на Камчатке представляется продолжение исследований вул-

канов в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах спутниковыми и аэро методами [17,25,26]. Поскольку спутниковые данные высокого разрешения приобретаются за границей и стоят немалых денег, существенный прогресс здесь, по мнению авторов, может быть достигнут только в будущем при налаживании соответствующих отечественных систем;

- разработка более надёжных методик прогнозирования. Перспективным представляется использование методики статистической оценки уровня сейсмичности [12,13]. Важно более широкое использование в практике комплексирования краткосрочных методик прогноза со средне- и долгосрочными методиками, базирующимися на анализе общепланетарных и космических факторов и мониторинге геодинамической обстановки в регионе и в мире [27-29]. Решение прогнозных задач невозможно без более детального изучения глубинного строения, свойств горных пород и моделирования магматических и вулканических процессов [30-32].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.В. Прогноз извержений вулканов на Камчатке (основные итоги 1955-2012 гг.). Часть I // История и педагогика естествознания. — 2015. — № 1. — С. 13-26.
2. Токарев П.И. Прогноз побочного извержения вулкана Ключевского в марте 1983 г. // Вулканонология и сейсмология. — 1983. — № 5. — С. 3-8.
3. Токарев П.И., Гаврилов В.А., Иванов В.В. Сейсмичность и сейсмический режим Авачинского вулкана до и во время январского извержения в 1991 г. // Вулканизм, структура и рудообразование. Тезисы VII Всесоюзного вулканологического совещания, Иркутск, июнь 1992 г. — Петропавловск-Камчатский, 1992. — С. 34.
4. Иванов В.В. Прогнозы крупных извержений вулканов на Камчатке и их оправдываемость // Вестник ДВО РАН. — 2003. — № 5. — С. 97-108.
5. Иванов В.В. Сейсмологические предвестники вершинных извержений Ключевского вулкана на Камчатке (на примере вулканического дрожания) / Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. — Иркутск, 2011. — 13 с.
6. Gordeev E.I., Muravyev Ya.D., Samoylenko S.B. et al. First results from the 2012-2013 Tolbachik fissure eruption // Bull. Volcanological Society of Japan. — 2013. — № 2, SP-1-SP-8.
7. Слезин Ю.Б. Механизм вулканических извержений (стационарная модель). — М.: Научный мир, 1998. — № 2. — 127 с.
8. Sparks R.S.J. Forecasting volcanic eruptions // Earth and Planetary Science Letters. — 2003. — V. 210. — P. 1-15.
9. Токарев П.И. Гигантское извержение вулкана Шивелуч 12 ноября 1964 г. и его предвестники // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. — 1967. — № 9. — С. 11-22.
10. Токарев П.И. Вулканические землетрясения Камчатки. — М.: Наука, 1981. — 164 с.
11. Иванов В.В. Прогноз большого экструзивного извержения вулкана Шивелуч (Камчатка) и его мощной взрывной фазы в апреле-мае 2001 г. // Материалы II-го Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканонологии 9-12 сентября 2003 г. — Екатеринбург, 2003. — С. 925-931.

12. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. — 2011. — № 2. — С. 53-59.
13. Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А., Воронцов П.В. Об аномалии сейсмического режима, предворающей новое (2012 г.) трещинное Толбачинское извержение на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. — 2012. — № 2, Вып. 2. — С. 16-19.
14. Горшков Г.С., Богоявленская Г.Е. Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения 1955-1963 гг. — М.: Наука, 1965. — 172 с.
15. Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В. Крупные эксплозивные извержения вулкана Шивелуч (Камчатка) с частичным разрушением экструзивного купола 28 февраля 2005 г. и 27 октября 2010 г. // Вулканология и сейсмология. — 2013. — № 2. — С. 48-62.
16. Алидибиров М.А., Богоявленская Г.Е., Кирсанов И.Т. и др. Извержение вулкана Безымянный в 1985 г. // Вулканология и сейсмология. — 1988. — № 6. — С. 3-17.
17. Гирина О.А. О предвестнике извержений вулканов Камчатки, основанном на данных спутникового мониторинга // Вулканология и сейсмология. — 2012. — № 3. — С. 14-22.
18. Сенюков С.Л. Прогноз извержений вулканов Ключевской и Безымянной на Камчатке. LAP Lambert Academic Publishing, 2013. — 144 с.
19. Широков В.А. Некоторые вопросы методики комплексного прогноза побочных извержений вулкана Ключевской (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. — 1985. — № 6. — С. 48-58.
20. Токарев П.И. К методике прогноза извержений вулканов Камчатки по сейсмологическим данным // Бюлл. вулканологических станций. — 1977. — № 53. — С. 38-45.
21. Токарев П.И. Асачинский рой землетрясений и его природа (Камчатка, март-апрель, 1983) // Вулканология и сейсмология. — 1984. — № 3. — С. 3-13.
22. The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington. U.S. Geological Survey Prof. Paper 1250. Ed. by P.W. Lipman, D.R. Mullineaux. 1981. — 844 p.
23. Токарев П.И. Предсказание места и времени начала большого Толбачинского извержения в июле 1975 г. // ДАН СССР. — 1976. — Т. 229, № 2. — С. 439-442.
24. Чебров В.Н., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К. Десять лет деятельности Камчатского филиала РЭС по прогнозу землетрясений: достижения, проблемы, перспективы // Материалы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии 22-27 сентября 2009 г. — Петропавловск-Камчатский, 2009. — С. 677-680.
25. Дроздин В.А., Дубровская И.К. Тепловизионные исследования вулканов Камчатки в 2008-2009 гг. // Тезисы 2-й региональной научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России», Петропавловск-Камчатский, 11-17 октября. 2009 г. — Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2010. — С. 38-42.
26. Мельников Д.В. Применение данных OMI/Aura для задач мониторинга извержений вулканов Камчатки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2008. — Т. 5, № 1. — С. 371-375.
27. Широков В.А. Влияние 19-летнего лунного прилива на возникновение больших камчатских извержений и землетрясений и их долгосрочный прогноз // Геологические и геофизические данные о Большом трещинном Толбачинском извержении 1975-1976 гг. — М.: Наука, 1978. — С. 164-170.
28. Широков В.А. Связь извержений вулканов Камчатки с землетрясениями верхней мантии // Бюлл. вулканологических станций. — 1978. — № 54. — С. 3-8.
29. Широков В.А., Серафимова Ю.К. Прогноз сильных извержений вулканов Тихоокеанского тектонического пояса на ближайшие 20 лет на основе применения метода фазовых траекторий // Вестник КРАУНЦ. — 2008. — № 2, Вып. 12. — С. 154-163.
30. Мороз Ю.Ф., Гонтовая Л.И., Зубин М.И., Федорченко И.А. Поиск предвестников землетрясений и извержений вулканов в геофизических полях на Камчатке // Разработка концепции мониторинга природно-технических систем. Т. 2. Методика и результаты геодинимического мониторинга природно-технических объектов. — М.: ИФЗ РАН, 1993. — С. 236-248.
31. Озеров А.Ю. Механизм базальтовых взрывов (экспериментальное моделирование) // Вулканология и сейсмология. — 2010. — № 5. — С. 3-19.
32. Федотов С.А. Магматические питающие системы и механизм извержений вулканов. — М.: Наука, 2006. — 455 с.

## FORECAST OF VOLCANIC ERUPTIONS IN THE KAMCHATKA PENINSULA (MAIN RESULTS OF 1955-2012). PART II. «FALSE ALARM» AND THEIR POSSIBLE CAUSES

Ivanov V.V., The Institute of Volcanology and Seismology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia. E-mail: victor@kscnet.ru

### ABSTRACT

The article touches upon the issue of methods of monitoring and techniques used for forecasting volcanic eruptions in the Kamchatka Peninsula, the work of expert councils. The list of approved forecasts in the past 57 years (from 1955 to 2012) is given in the first part of the article. The circumstances of the most important forecasts are particularized. Over the years, the Kamchatka Volcano Observatory, the Institute of Volcanology, Volcanic Geology and Geochemistry and the Institute of Volcanology and Seismology of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences have given 29 approved forecasts. Among them the medium-term forecasts of paroxysmal eruptions of Bezymianny volcano and Sheveluch volcano, the outstanding short-term forecasts of the eruptions of Plosky Tolbachik volcano, Klyuchevskoy volcano, Karymsky volcano and Sheveluch volcano. The Kamchatka branch of the Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences gave about twenty successful forecasts.

*Keywords:* volcanic eruption, volcanic hazard, volcanic eruptions forecast, volcanic earthquake.

### REFERENCES

- Ivanov V.V. *Istoriya i pedagogika yestestvoznaniya*, 2015, no. 1, pp. 13-26. (In Russ.).
- Tokarev P.I. *Vulkanologiya i seysmologiya*. 1983, no. 5, pp. 3-8. (In Russ.).
- Tokarev P.I., Gavrilov V.A., Ivanov V.V. *Seysmichnost' i seysmicheskiy rezhim Avachinskogo vulkana do i vo vremya yanvar'skogo izverzheniya v 1991 g.* [Seismicity and seismic regime Avacha volcano before and during the January eruption in

- 1991]. *Vulkanizm, struktury i rudoobrazovaniye. Tezisy VII Vsesoyuznogo vulkanologicheskogo soveshchaniya, Irkutsk, iyun' 1992 g.* [Volcanism, structure and mineralization. Abstracts of VII All-Union volcanological meeting, Irkutsk, June 1992]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 1992, p. 34.
4. Ivanov V.V. *Vestnik DVO RAN*. 2003, no. 5, pp. 97-108. (In Russ.).
5. Ivanov V.V. *Seismologicheskiye predvestniki verzhnykh izverzheniy Klyuchevskogo vulkana na Kamchatke (na primere vulkanicheskogo drozhaniya)*. Avtoref. diss. kand. geol.-min. nauk. [Seismological precursors summit eruption of Klyuchevskoy volcano on Kamchatka (for example volcanic tremor). Abstract of Diss. Cand.Sci.(Geol.-min.)]. Irkutsk, 2011. 13 p.
6. Gordeev E.I., Muravyev Ya.D., Samoilenko S.B. et al. *Bull. Volcanological Society of Japan*. 2013, no. 2, SP-1 – SP-8.
7. Slezin Yu. B. *Mekhanizm vulkanicheskikh izverzheniy (statsionarnaya model')* [Mechanism of volcanic eruptions (stationary model)]. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 1998, no. 2. 127 p.
8. Sparks R.S.J. *Earth and Planetary Science Letters*. 2003, vol. 210, pp. 1-15.
9. Tokarev P.I. *Izv. AN SSSR. Ser. Fizika Zemli*. 1967, no. 9, pp. 11-22. (In Russ.).
10. Tokarev P.I. *Vulkanicheskiye zemletryaseniya Kamchatki* [Volcanic earthquakes of Kamchatka]. 1981, Moscow, Nauka Publ., 164 p.
11. Ivanov V.V. *Prognoz bol'shogo ekstruzivnogo izverzheniya vulkana Shiveluch (Kamchatka) i yego moshchnoy vzryvnoy fazy v aprele-maye 2001 g.* [Prediction large extrusive volcanic eruption Sheveluch (Kamchatka) and its powerful explosive phase in April-May 2001]. Materialy II-go Vserossiyskogo simpoziuma po vulkanologii i paleovulkanologii 9-12 sentyabrya 2003 g. [Proceedings of the II-nd All-Russian Symposium on Volcanology and paleovolcanology 9-12 September 2003]. Yekaterinburg, 2003, pp. 925-931.
12. Saltykov V.A. *Vulkanologiya i seysmologiya*. 2011, no. 2, pp. 53-59. (In Russ.).
13. Saltykov V.A., Kugayenko Yu.A., Voropayev P.V. *Vestnik KRAUNTS*. 2012, no. 2, is. 2, pp. 16-19. (In Russ.).
14. Gorshkov G.S., Bogoyavlenskaya G.Ye. *Vulkan Bezymyannyi i osobennosti yego poslednego izverzheniya 1955-1963 gg.* [Volcano Bezymyannyi and especially its last eruption of 1955-1963] Moscow, Nauka Publ., 1965, 172 p.
15. Zharinov N.A., Demyanchuk YU.V. *Vulkanologiya i seysmologiya*. 2013, no. 2, pp. 48-62. (In Russ.).
16. Alidibirov M.A., Bogoyavlenskaya G.Ye., Kirsanov I.T. and etc. *Vulkanologiya i seysmologiya*. 1988, no. 6, pp. 3-17. (In Russ.).
17. Girina O.A. *Vulkanologiya i seysmologiya*. 2012, no. 3, pp. 14-22. (In Russ.).
18. Senyukov S.L. *Prognoz izverzheniy vulkanov Klyuchevskoy i na Kamchatke* [Forecast Klyuchevskoy and Bezymyanny volcanoes in Kamchatka]. LAP Lambert Academic Publishing, 2013, 144 p.
19. Shirokov V.A. *Vulkanologiya i seysmologiya*. 1985, no. 6, pp. 48-58. (In Russ.).
20. Tokarev P.I. *Byull. vulkanologicheskikh stantsiy*. 1977, no. 53, pp. 38-45. (In Russ.).
21. Tokarev P.I. *Vulkanologiya i seysmologiya*. 1984, no. 3, pp. 3-13. (In Russ.).
22. The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington. U.S. Geological Survey Prof. Paper 1250. Ed. by P.W. Lipman, D.R. Mullineaux. 1981. 844 p.
23. Tokarev P.I. *DAN SSSR*. 1976, vol. 229, no. 2, pp. 439-442. (In Russ.).
24. Chebrov V.N., Saltykov V.A., Serafimova Yu.K. *Devyat' let deyatelnosti Kamchatskogo filiala RES po prognozu zemletryasenyi: dostizheniya, problemy, perspektivy* [Ten years of the Kamchatka Branch of RES on earthquake prediction: achievements, problems and prospects]. Materialy IV Vserossiyskogo simpoziuma po vulkanologii i paleovulkanologii 22-27 sentyabrya 2009 g. [Materials of IV All-Russian Symposium on Volcanology and paleovolcanology 22-27 September 2009]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2009, pp. 677-680.
25. Droznin V. A., Dubrovskaya I. K. *Teplovizionnyye issledovaniya vulkanov Kamchatki v 2008-2009 gg.* [Thermal study volcanoes of Kamchatka in 2008-2009]. Tezisy 2-y regional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Problemy kompleksnogo geofizicheskogo monitoringa Dal'nego Vostoka Rossii», Petropavlovsk-Kamchatskiy, 11-17 oktyabrya. 2009. [Abstracts of the 2nd regional scientific-technical conference «Problems of complex geophysical monitoring of the Far East of Russia», Petropavlovsk-Kamchatskiy, October 11-17. 2009]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, GS RAN Publ., 2010. pp. 38-42.
26. Mel'nikov D.V. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2008. vol. 5, no. 1, pp. 371-375.
27. Shirokov V.A. *Geologicheskiye i geofizicheskiye dannyye o Bol'shom treshchinnom Tolbachinskom izverzhenii 1975-1976 gg.* [Geological and geophysical data on the Great Tolbachik Fissure Eruption 1975-1976]. Moscow, Nauka Publ., 1978, pp. 164-170.
28. Shirokov V.A. *Byull. vulkanologicheskikh stantsiy*. 1978, no. 54, pp. 3-8. (In Russ.).
29. Shirokov V.A., Serafimova Yu.K. *Vestnik KRAUNTS*. 2008, no. 2, issue 12, pp. 154-163. (In Russ.).
30. Moroz Yu.F., Gontovaya L.I., Zubin M.I., Fedorchenko I.A. *Razrabotka kontseptsii monitoringa prirodno-tekhnicheskikh sistem. T. 2. Metodika i rezul'taty geodinamicheskogo monitoringa prirodno-tekhnicheskikh ob'yektov* [Developing the concept of monitoring of natural and technological systems. Vol. 2. Methods and results of geodynamic monitoring of natural and technical objects]. Moscow, IFZ RAN Publ., 1993, pp. 236-248.
31. Ozerov A.Yu. *Vulkanologiya i seysmologiya*. 2010, no. 5, pp. 3-19. (In Russ.).
32. Fedotov S.A. *Magmaticheskiye pitayushchiye sistemy i mekhanizm izverzheniy vulkanov* [Magma supply system and mechanism of volcanic eruptions]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 455 p.

