

УДК 550.34.06, 550.8.05

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ В РАЙОНЕ ВУЛКАНА КИЗИМЕН С 1960 ПО 2009 гг.

Кожевникова Т.Ю.¹, Шакирова А.А.²

¹ Камчатский филиал Геофизической службы РАН,

² Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга.

В работе рассмотрена сейсмичность вулкана Кизимен по данным радиотелеметрических и временных сейсмических станций. Построены карта сейсмичности и разрезы за период с 1960 по ноябрь 2009 года и графики распределения во времени различных параметров землетрясений. Определены положения инструментальных гипоцентров некоторых землетрясений за 2009 год, уточняющие местоположение событий, занесенных в оперативный каталог, исследована микросейсмичность в районе вулкана за сентябрь – октябрь 2009 года, благодаря использованию данной радиотелеметрической и временных сейсмических станций. Предположено возможное расположение разломов в районе Щапинского грабена и хребта Тумрок. Показана локализация землетрясений непосредственно под вулканом на глубине 8-15 км.

Ключевые слова: сейсмичность, карта сейсмичности и разрезы, инструментальные гипоцентры, локализация землетрясений, разломы.

Географическое положение и морфология вулкана.

Район вулкана Кизимен как и сам вулкан остаются пока одним из наименее изученных районов Камчатки.

Вулкан Кизимен (55°08,0 с.ш., 160°19,3 в.д., абсолютная высота 23761 м) - самый южный из действующих вулканов Центральной Камчатской депрессии (рис. 1). В настоящее время он проявляет лишь фумарольную активность, которая отмечена примерно с 1825 г. Единственное зафиксированное историческое извержение произошло в декабре 1928 г. - январе 1929 г., когда на вершине вулкана ночью наблюдался огонь, а черный «дым» выходил из того места, где расположены современные фумаролы. Извержение сопровождалось частыми землетрясениями [6].

Вулкан расположен на юго-восточном борту Щапинского грабена и приурочен к системе крупноамплитудных сбросов северо-восточного простирания зоны сочленения этого грабена с горстом хребта Тумрок.



Рис. 1. Вулкан Кизимен. Октябрь, 2007г. Фото Кожевниковой Т.Ю.

По морфологии в. Кизимен – весьма специфическое образование, не имеющее точных аналогов в пределах Курило-Камчатской области. Наиболее сложное строение имеет его верхняя часть, хотя она и напоминает по внешнему виду конусы обычных стратовулканов. Это комбинация из нескольких тесно сближенных, разных по размеру, степени сохранности и возрасту экструзивных куполов с их мощными агломератовыми мантиями, различных по морфологии, длине, возрасту и составу лавовых потоков и занимающих остальное пространство круто-наклонных ($8\text{—}10^\circ$) равнин обвально-взрывных отложений и пирокластических потоков.

Район Щапинского грабена, где расположен Кизимен, разбит сетью разрывных тектонических нарушений, которые раздробили на многочисленные блоки не только докизименские образования, но и саму вулканическую постройку.

Имеется несколько вариантов прогноза извержения вулкана, которые учитывают как «внутренние» процессы, связанные с жизнью магматиче-

ского очага, так и «внешние» факторы (сильное тектоническое землетрясение).

При разрушении массивного крутосклонного экструзивного вершинного купола в. Кизимен в результате взрыва или обвала события могут начать развиваться по сценариям, сходным с таковыми на вулканах Бандай (Япония) и Сент-Хеленс (США) во время их знаменитых извержений в 1888 и 1980 гг. Причиной взрыва может стать даже относительно кратковременная закупорка фумарольных каналов. Высока вероятность в будущем и сейсмостектонического обвала купола в результате 9 – 10-бального землетрясения в Щапинском грабене вблизи в. Кизимен. Он вполне сможет сравниться по своим параметрам и геологическому эффекту с обвалом купола в. Бандай 15 июля 1888 г.

Предпосылки для вулкано-сейсмостектонического обвала и последующего взрыва могут быть созданы и при внедрении под основание купола вязкой магмы – вариант, реализованный при катастрофическом извержении в. Сент-Хеленс 18 мая 1980 г.

Оба последних варианта извержений будут представлять большую опасность не только вблизи, но и на удалении от в. Кизимен. Взрывные и обвальные отложения могут перекрывать большую площадь в северном секторе подножия вулкана вплоть до долины р. Левая Щапина, а возникшие лахары достигнут в длину нескольких десятков километров. Наиболее опасная зона будет простираться, по крайней мере, от Верхне-Щапинских до Нижне-Щапинских термальных источников [5].

Сейсмичность района вулкана Кизимен за период 1960 - 2002гг.

Землетрясения с района Щапинского грабена, хребта Тумрок происходили на протяжении всего периода сейсмологических наблюдений на Камчатке, но точность определения положения гипоцентров зачастую оставалась под сомнением, т.к. уровень надежной регистрации оставлял желать лучшего из-за недостаточного количества сейсмостанций.

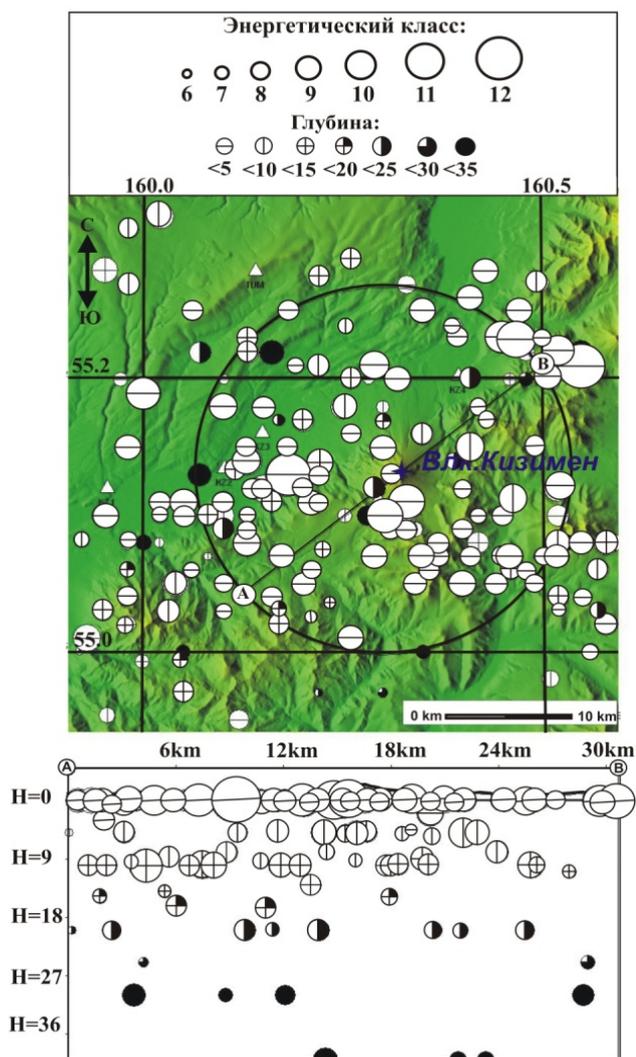


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений и разрез вдоль линии АВ с 1960 по 2003гг.

На рисунке 2 представлена карта сейсмичности района вулкана Кизимен по данным каталога КФ ГС РАН с 1960г. по 2003г. Рассматривая данные за эти годы, можно сказать, что землетрясения в этом районе не концентрируются в каком-то определенном месте, а разбросаны по всему району, что скорее всего объясняется неточностью определения гипоцентров, в связи с отсутствием близких станций. Также стоит отметить, что значительное количество событий произошло во время так называемого Щапинского роя (1963г), во время которого происходили землетрясения до 12 класса (K_s), и значительное количество энергии было выделено именно тогда (рис.3). Однако из-за

удаленности ближайших сейсмостанций от исследуемого района, минимальный класс землетрясений, для которых были определены положения гипоцентров, за этот период времени не превышал 6.5, поэтому мы не имеем полной картины развития сейсмичности.

Интересно также, что происходившие в историческое время усиления активности в Кизимен обнаруживают четкую временную корреляцию с местными землетрясениями. Так, извержение 1928-1929 гг. сопровождалось частыми землетрясениями, шедшими со стороны в. Толбачик [6]. Отмеченное эпизодическое резкое усиление фумарольной деятельности в 1963г. [5] последовало за местными достаточно мощными (магнитуда 6,2 и

5,8) неглубокими землетрясениями, эпицентр которых находился примерно в 25 км к СЗ от в. Кизимен [7]. В районе в. Кизимен сила землетрясений могла составлять 7-8 баллов по 12-балльной шкале [4].

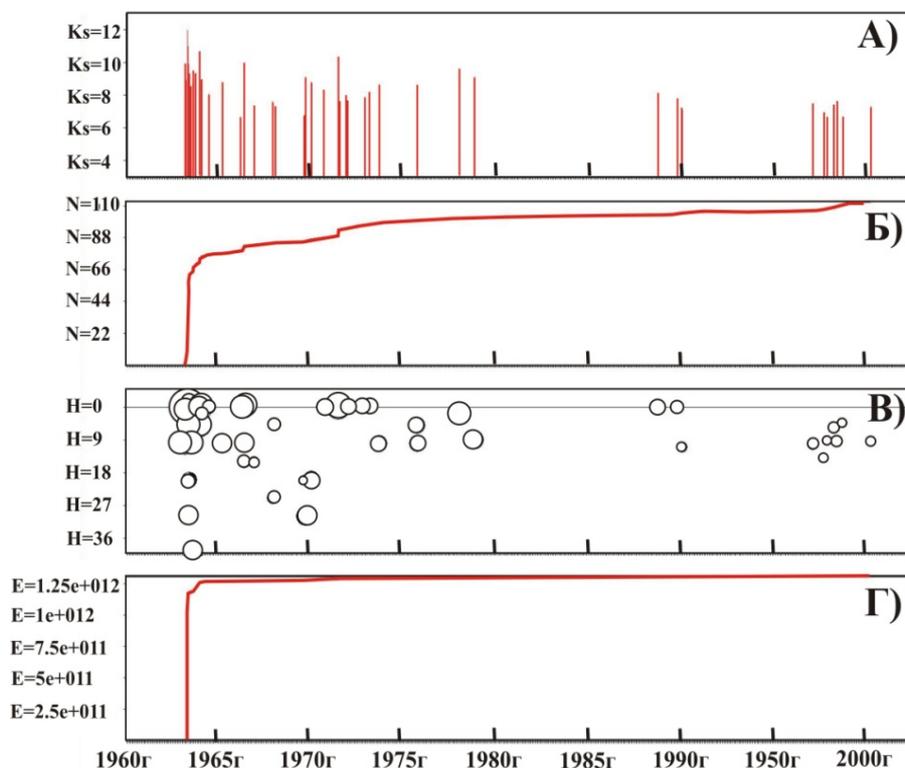


Рис. 3. Графики распределения во времени различных параметров землетрясений, выделенных окружностью (радиус (R)= 15км) на рисунке 2:
 А) энергетический класс по S-волне;
 Б) кумулятивное количество землетрясений;
 В) глубина гипоцентров, км;
 Г) кумулятивная энергия, Дж.

Новый этап в исследовании сейсмичности вулкана Кизимен

Новый этап в истории изучения района вулкана наступит в 2003 году. Тогда для наблюдения за сейсмичностью в. Кизимен, примерно в 20км к северо-западу от вулкана на хребте Асхачинский была установлена станция «Тумрок» («TUM») (Рис. 4). С появлением этой станции появилась возможность фиксировать землетрясения с классом (K_s) равным 4, к сожалению, положения гипоцентров таких относительно слабых событий определять не предоставлялось возможным, в связи с отсутствием локальной

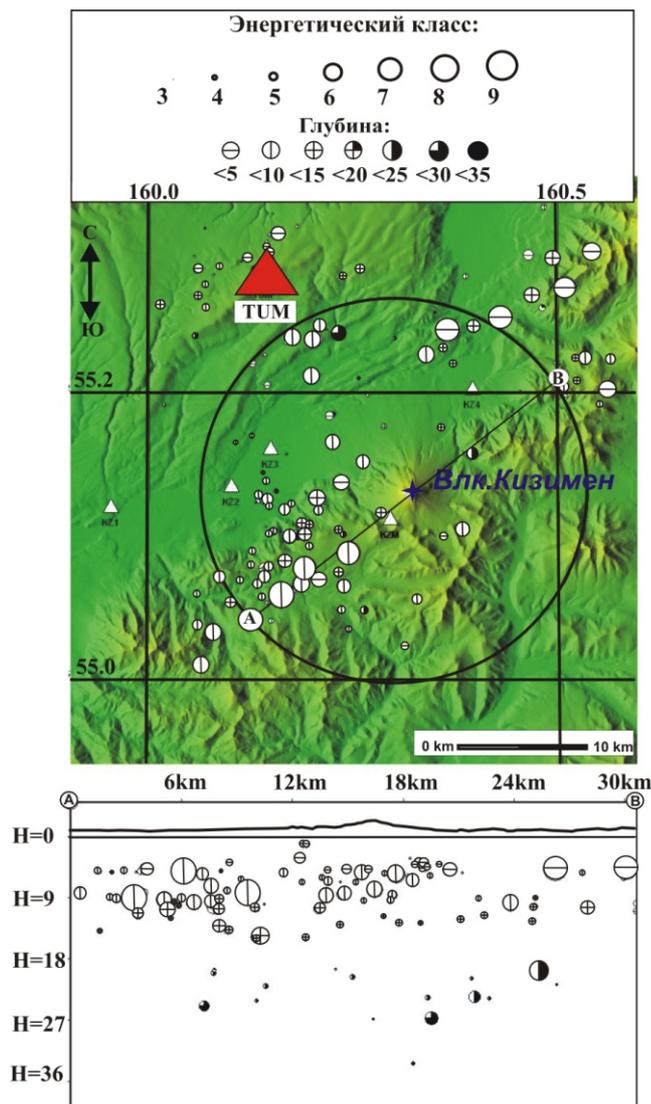


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений и разрез вдоль линии АВ с 2003 по 2009гг.

сети в районе вулкана. Однако все землетрясения $K_s > 5$ были обработаны и помещены в базу дежурными операторами лаборатории исследований сейсмической и вулканической активности (ЛИСВА) КФ ГС РАН. В результате проделанной работы в настоящее время в лаборатории имеется каталог землетрясений района в. Кизимен, который с 2003г по ноябрь 2009г включает в себя около 600 событий.

Сейсмичность района с 2003 по 2008 год.

В этот период сейсмичность можно считать фоновой, землетрясения с энергетическим классом > 7 происходили в среднем 5-7 раз в год. За весь исследуемый период определены положения гипоцентров гипоцентры менее чем у 100 землетрясений (рис. 4, 5).

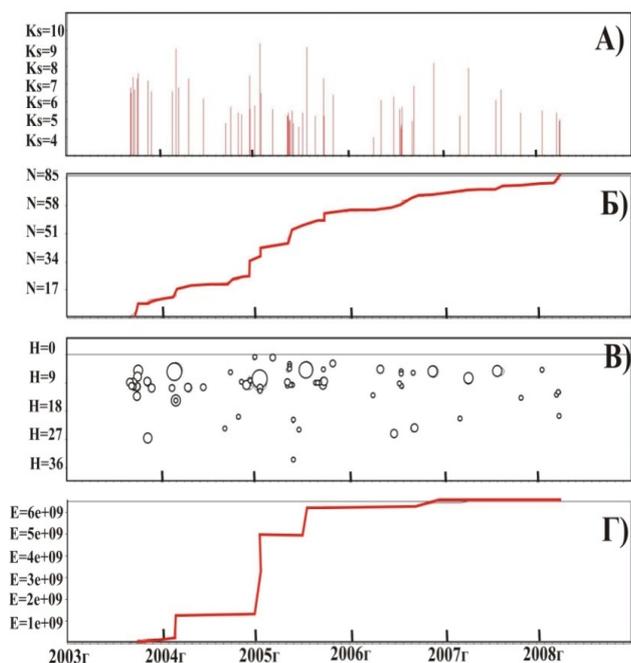


Рис. 5. Графики распределения во времени различных параметров землетрясений, выделенных окружностью ($R=15\text{km}$) на рисунке 4:

- А) энергетический класс по S-волне;
- Б) кумулятивное количество землетрясений;
- В) глубина гипоцентров, км;
- Г) кумулятивная энергия, Дж.

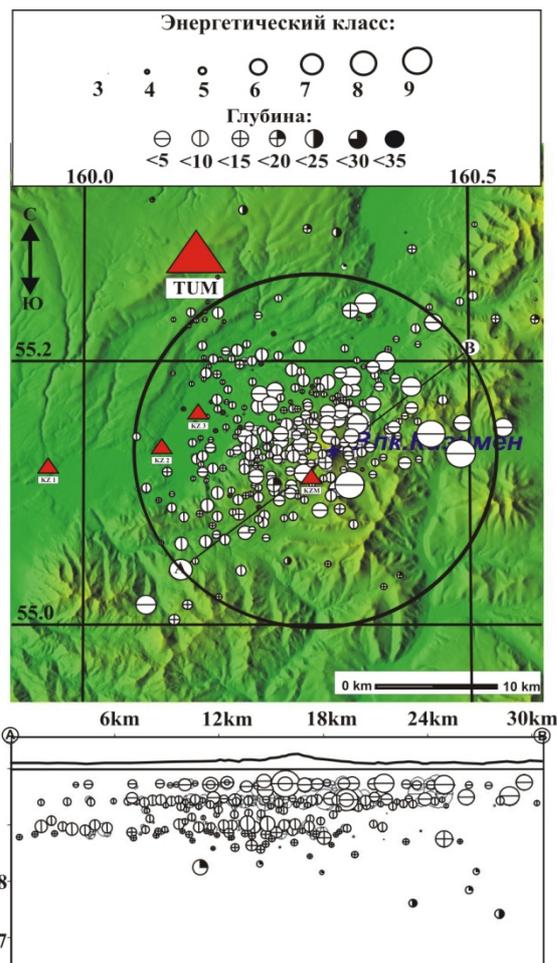


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений и разрез вдоль линии АВ с 01.01.2009 по 20.11.2003 по 2009гг.

Сейсмичность района с 1.01.2009 по 20.11.2009 года.

Что касается сейсмичности в 2009 году, то смело можно сказать, что она намного превысила фоновую, регистрируемую с 2003 по 2008гг. На карте (рис. 6) явно отмечена локализация землетрясений непосредственно под вулканом, в районе вулкана вдоль хребта Тумрок и в северном, северо-западном направлении в сторону р. Лев. Щапина. А так же на самом Щапинском грабене. В разрезе можно выделить три уровня глубин, на которых локализовались положения гипоцентров - 9-15 км, около 4 км и около 2км (это можно объяснить несовершенством годографа). Причем более поверхностные землетрясения произошли в непосредственной близости к вулкану. Так же отмечены и события на глубинах от 18 до 27 км в районе

Асхачинского хребта. Суммарная кумулятивная энергия землетрясений на порядок превысила энергию за предыдущие 6 лет (рис.7), однако оказалась

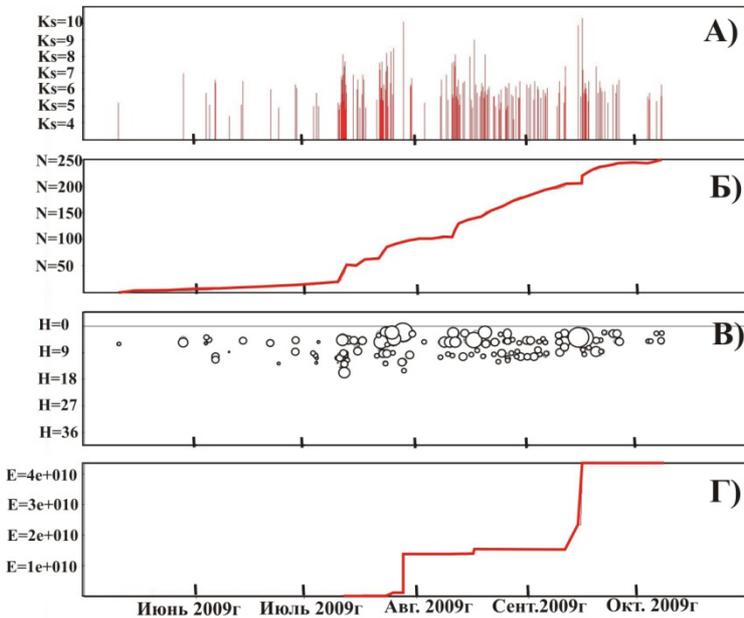


Рис. 7. Графики распределения во времени различных параметров землетрясений, выделенных окружностью (R=15км) на рисунке 4

- А) энергетический класс по S-волне;
- Б) кумулятивное количество землетрясений;
- В) глубина гипоцентров, км;
- Г) кумулятивная энергия, Дж.

на порядок ниже кумулятивной энергии, выделенной в 1963 году (рис.3).

На диаграмме (рис.8) приведено суммарное количество землетрясений за весь исследуемый период с 01.01.2003 по 20.11.2009 год. За период с 2003 по 2008 год и отдельно за период 2009 года.

С конца апреля 2009 года в районе вулкана наблюдается увеличение сейсмической активности. С апреля по ноябрь этого года количество землетрясений в несколько раз превысило количество землетрясений за период с 2003г по 2008г, максимальные классы событий достигали 9,5.

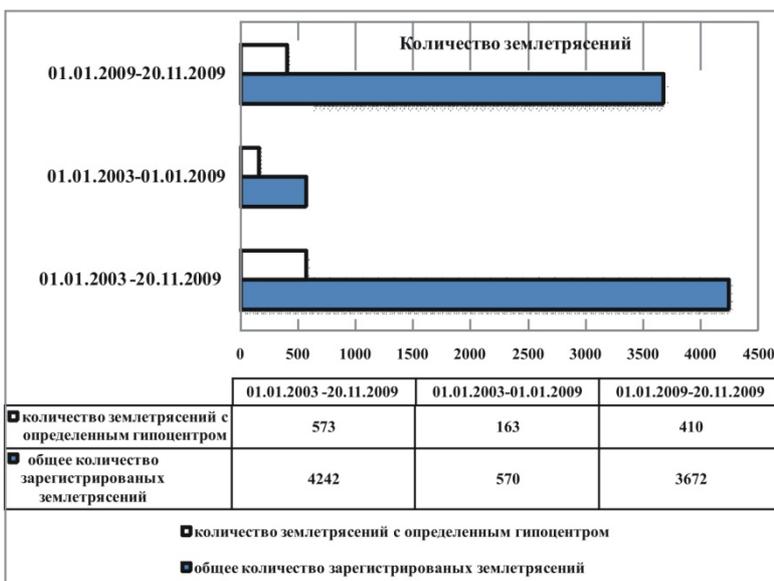


Рис. 8. Диаграмма количества землетрясений за период с 01.01.2009г. по 20.11.2009.

Землетрясения происходили как в районе постройки Кизимена, так и

на хребте Тумрок в северо-восточном, восточном и в юго-западном направлениях от вулкана и в долине реки Лев. Щапина, глубины изменялись от 2 до 15 км.

Как уже говорилось ранее, по различным сценариям для вулкана возможны сильные извержения, в том числе и типа Сент-Хеленс или Безымянный с катастрофическими последствиями [5]. Для более детального исследования сейсмичности в этом районе и возможного уточнения сценария дальнейшего развития событий, руководством КФ ГС РАН было принято решение об установке новой радиотелеметрической станции «Кизимен» («KZV») на юго-западном склоне вулкана и нескольких временных сейсмических станций.

В результате полевых работ с 23 сентября по 1 октября в районе вулкана были установлены радиотелеметрическая сейсмическая станция «Кизимен» («KZV») на юго-западном склоне вулкана и временная станция «KZ1» в районе охотничьей базы «Ипуин». Тогда же была установлена временная станция «KZ4» в районе турбазы «Тумрок». (К сожалению, данные этой станции оказались непригодными для обработки) После анализа данных, полученных с сейсмостанции «KZV», было принято решение об установке еще 2 временных станций для локализации местных землетрясений. Станции «KZ2» и «KZ3» (район Нижне-Щапинских термальных источников), регистрация велась с 21 по 24 октября.

Исследование сейсмичности района вулкана с привлечением новых станций

Исследование сейсмичности района с 21.10.2009 по 24.10.2009.

За данный период времени были определены положения гипоцентров всех землетрясений, зарегистрированных во время проведения полевых работ в данном районе и записанных более чем двумя ближайшими сейсмостанциями (обработка велась с привлечением только ближайших станций).

В результате обработки выявлена локализация землетрясений непосредственно под вулканом на глубине 8-15 км и в С-З направлении от вулкана на глубине 4-8 км (Рис. 9).

Изменения гипоцентров сейсмических событий $7.0 \leq K_s \leq 8.9$ за период с 09.10.2009г. по 15.11. 2009г в результате добавления данных новых станций.

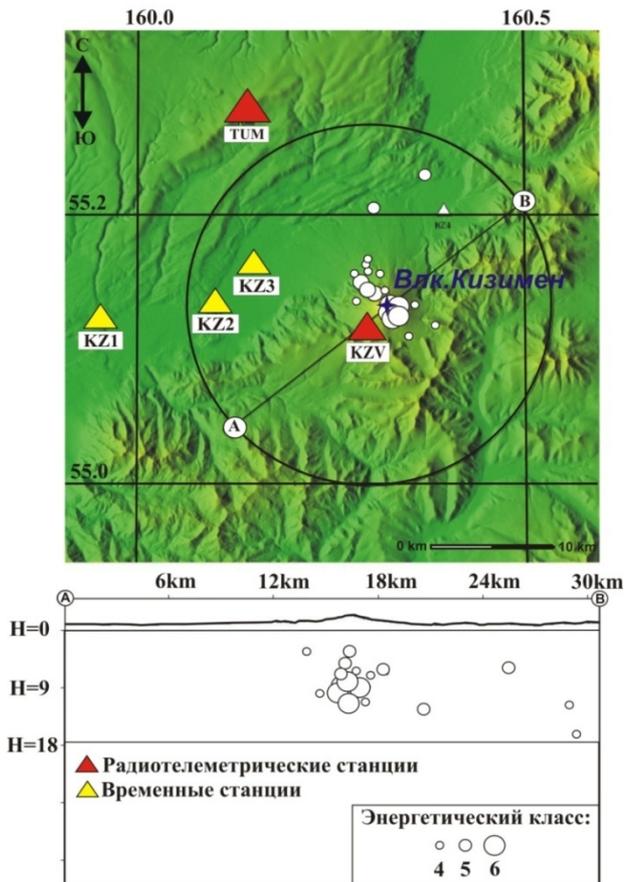


Рис. 9. Карта эпицентров землетрясений и разрез вдоль линии АВ по результатам обработки с привлечением ближайших телеметрических и временных станций. (21.10.2009г – 24.10.2009г, $4.2 \leq K_s \leq 6.5$).

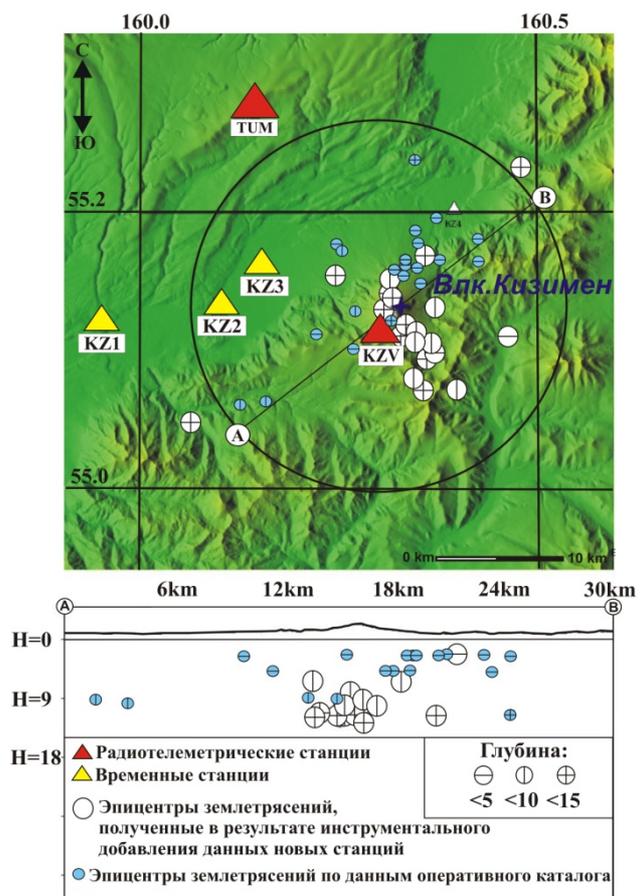


Рис 10. Карта сейсмичности и разрез вдоль линии АВ, демонстрирующая релокацию землетрясений. (09.10.2009г – 15.11. 2009г, $7.0 \leq K_s \leq 8.9$)

Для проведения данной работы были использованы данные оперативного каталога Лаборатории ИСВА КФ ГС за интересующий нас период. Для получения конечных результатов (инструментальных положений гипоцентров) к исходным данным оперативного каталога вручную добавлены времена вступлений землетрясений со станций «KZ1» и «KZV».

Обрабатывались все землетрясения с этого района с энергетическим классом не менее 7 и зарегистрированные не менее чем 6 сейсмостанциями сети РТС (рис 10).

В результате проделанной работы выявлена четко выраженная локализация землетрясений под вулканом, в Ю-В и С-З направлениях от вулкана. Положения гипоцентров землетрясений сместились на глубину 9-15 км.

Изменение гипоцентров сейсмических событий $4.0 \leq K_s \leq 7.0$ за период 26.10.2009 - 15.11. 2009 гг. при добавлении данных новых сейсмостанций.

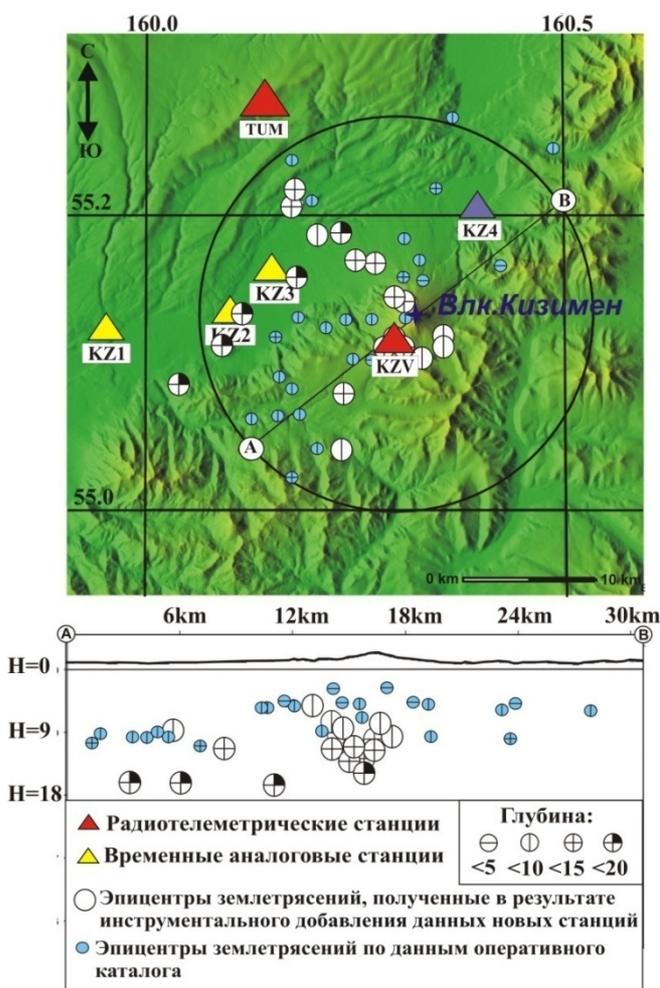


Рис. 11. Карта сейсмичности и разрез вдоль линии АВ, демонстрирующая релокацию сейсмических событий. (26.10.2009г – 15.11. 2009г., $4.0 \leq K_s \leq 7.0$)

Для исследования в этом направлении использовались все землетрясения оперативного каталога с 26 октября по 10 ноября 2009 года с $K_s < 7.0$.

В результате проделанной работы обнаружено смещение положения гипоцентров. Выявлена локализация под вулканом на глубине 5-10 км и в направлениях, ортогональных друг другу, в северо-западном направлении на глубинах 10-15 км и юго-западном (вдоль реки Лев. Щапина) на глубине около 18 км.

Результаты исследований

Установка новых станций позволила уточнить положения гипоцентров землетрясений с района вулкана. Удалось отметить локализацию землетрясений на определенных глубинах в определенных направлениях, а также непосредственно под вулканом Кизимен. Анализируя расположение инструментальных гипоцентров землетрясений, можно предположить, что они «ложатся» вдоль предполагаемых разломов. На схеме разломов грабена реки Щапина (по Ленгеру В.А) и тектонической схеме района хребтов Тумрок, Гачмен и долины реки Левого Щапина [3] есть предполагаемые разломы северо-западного простирания. Можно предположить, что данные разломы немного смещены. Что же касается разломов вдоль реки Лев. Щапина, то инструментальные гипоцентры попадают именно на них. Также авторы склонны предполагать, что локализация землетрясений непосредственно под вулканом, может означать наличие магматического очага на глубине 8-15км.

Для подтверждения этих предположений необходимо провести работу в следующих направлениях: построить дополнительные разрезы, обратив внимание на микросейсмичность района; уточнить годограф для этого района; использовать подходящее программное обеспечение для обработки данных и определения положений гипоцентров.

Выводы

1. Установка временных сейсмических станций и новой радиотелеметрической станции позволила локализовать землетрясения и уточнить положение гипоцентров в районе вулкана Кизимен.
2. По данным, полученным в результате проделанной работы, определено возможное расположение разломов в районе Щапинского грабена и хребта Тумрок.

3. Выявлена локализация землетрясений непосредственно под вулканом на глубине 8-15 км. Сделано предположение о наличии магматического очага под вулканом Кизимен.
4. Для более точного определения гипоцентров землетрясений необходимо уточнить годограф для этого района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарбузова В.Т., Соболевская О.В. Сейсмичность в районе вулкана Кизимен 1996-2007гг.//Труды региональной научно-технической конференции «Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России». Петропавловск-Камчатский, 2008. Том 1. С 64-68.
2. Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974. 440 с.
3. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Эрлих Э.Н., Кожемяка Н.Н.,/Вулканические горы и равнины.// История развития рельефа Сибири и дальнего Востока. Камчатка, Курильские и командорские острова. М. Наука, 1974. С. 162-234.
4. Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Волынец О.Н. Вулкан Кизимен (Камчатка) - будущий Сент-Хеленс?// Вулканология и сейсмология. 1994г, №4. С. 3-32.
5. Петров В.С. Современная сульфатарная деятельность вулкана Кизимен // Вопр. географии Камчатки. 1970. № 6. С. 124-129.
6. Пийп Б.И. Вулкан Кизимен // Бюл. вулканол. станции на Камчатке. 1946. № 13. С. 22-32.
7. Сейсмологический бюллетень Дальнего Востока. 1964. № 2. С. 152 .
8. Супруненко О.И. Важнейшие разломы центральной части восточной Камчатки. Доклады Академии наук СССР, 1970г., Етм 193, №3. С. 918-622.

SEISMICITY OF THE KIZIMEN VOLCANO'S DISTRICT ACCORDING TO THE TELEMETRIC AND TEMPORARY SEISMIC STATIONS

Kozhevnikova T.Yu., Shakirova A.A.,

Seismicity of Kizimen volcano's district according to telemetry and temporary seismic stations is presented in the work. Map of seismicity and cuts for the period from 1960 to November 2009 and graphs of the distribution in time of various parameters of earthquakes were constructed. Instrumental hypocenters of some earthquakes for 2009 year refined location events and listed in operative Catalog were determined. Volcano's micro seismicity was explored thanks to the installation of temporary telemetry stations. The possible location of faults near Schapinsky graben and Tumrok ridge were assumed. Localization of earthquakes directly beneath the volcano at a depth of 8-15 km was identified.

Key words: Seismicity, map of seismicity and cuts, instrumental hypocenters, localization of earthquakes, faults.