

БАЗА ДАННЫХ ПЛОСКОСТЕЙ ГРУППИРОВАНИЯ ГИПОЦЕНТРОВ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КАМЧАТКИ

Кролевец А.Н., Слепченко С.С.

Камчатский государственный университет, Петропавловск-Камчатский, an@kamgpi.ru

Введение

В работе [1] описан алгоритм поиска плоскостей группирования гипоцентров сильных землетрясений Камчатки. Объем статьи [1] не позволил представить большую часть результатов поиска таких плоскостей. Не нашли отражения также и результаты исследований, которые позволяют, по нашему мнению, отделить плоскости случайного группирования гипоцентров от плоскостей, которые указывают на существование в объеме геофизической среды разломных структур. В данной работе представлены результаты поиска плоскостей группирования гипоцентров сильных землетрясений Камчатки и первые результаты анализа структур, связанных с такими плоскостями. Для анализа использовались уточнённый региональный каталог землетрясений Камчатского филиала геофизической службы РАН и специально созданные компьютерные программы.

Подготовка данных для обработки

Из каталога землетрясений отбирались события энергетического класса не ниже 13, произошедшие с 1.01.1962 по 1.09.2004 г., попадающие в пространстве в промежуток между линиями, описываемыми уравнениями $0.8903 \cdot \varphi + 0.4554 \cdot \lambda - 115.8288 = 0$ (юго-западная граница)

и $0.8624 \cdot \varphi + 0.5062 \cdot \lambda - 131.0924 = 0$ (северо-восточная граница). Далее эта зона разбивалась на десять перекрывающихся областей (рис. 1) с взаимным перекрытием соседних $\frac{2}{3}$. С помощью компьютерной программы, названной нами *n3.exe*, в каждой из областей находились группы гипоцентров, оказывающиеся близкими по пространственному положению к одной какой-либо плоскости. Компьютерная программа на данный момент не позволяет обрабатывать сразу все 223 отобранных гипоцентра сейсмоактивной зоны. Поэтому, в каждой из выбранных для обработки областей находилось до 70 гипоцентров.

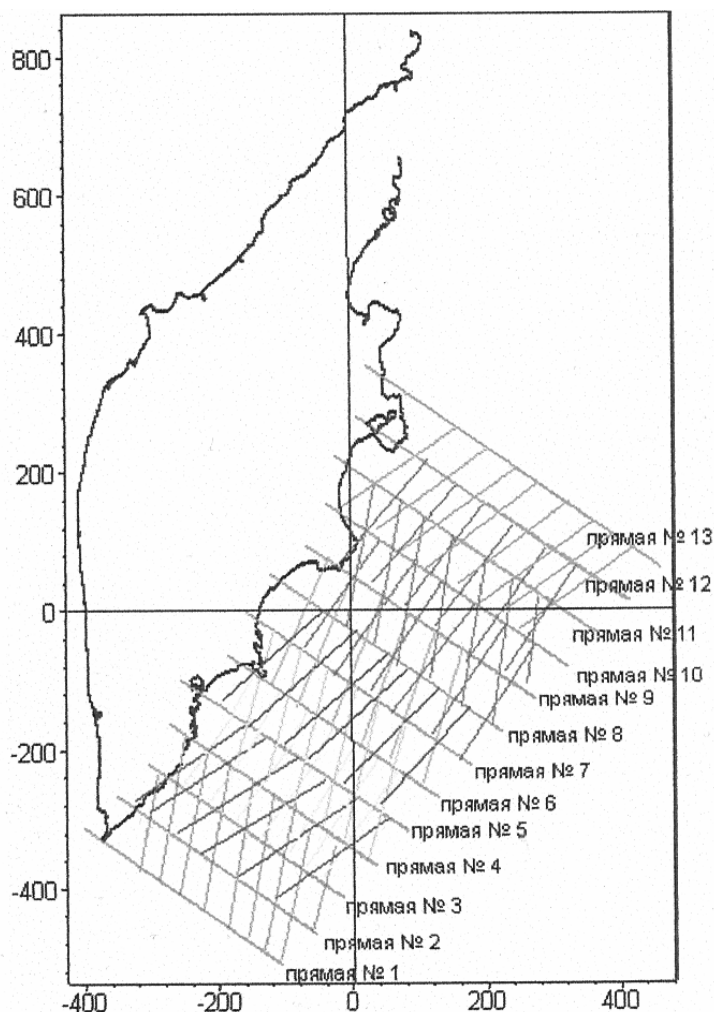


Рис. 1. Анализируемая часть сейсмоактивной зоны между «прямыми» 1 и 13 разбита «прямыми» 2-12 дополнительно на 10 перекрывающихся зон (отмечены штриховками с разным наклоном).

Критерии для отбора плоскостей

«Критерий 3 км». Группа гипоцентров анализировалась на возможность принадлежности к какой-либо плоскости, если в группе оказывалось не менее 4 гипоцентров, а расстояния гипоцентров от плоскости не превышали 3 км [2]. Для каждой группы программа вычисляла по методу наименьших квадратов компоненты вектора нормали (n_x, n_y, n_z), и расстояние до начала координат C/N . Далее сравнивались нормали обнаруженных плоскостей в смежных областях (рис. 1). Если угол между нормальными не превышал 3° , а разности параметров C/N двух плоскостей не превышали 3 км, то группы гипоцентров, формирующих каждую из плоскостей объединялись, определялись параметры плоскости объединённой группы и рассчитывались расстояния от каждого из гипоцентров до уже объединённой плоскости. Гипоцентры, расстояния до которых превышали 3 км, из группы исключались, параметры плоскости пересчитывались для оставшихся гипоцентров. Из рассмотрения исключались также группы гипоцентров, расположенных на одинаковой глубине. Таким образом, для рассматриваемой области было установлено 75 плоскостей.

Критерий наличия параллельных плоскости пространственных структур. В работах [3, 4] предложены различающиеся модели иерархического строения геофизической среды, расчленённой разломами, однако общим в обеих моделях является то, что среда расчленена долговременно существующими разломами, часть из которых может образовывать системы параллельно расположенных плоскостей. Мы ожидали, что подобное можно обнаружить и в наблюдаемых данных. Системы параллельных плоскостей, если они существуют на самом деле, должны обнаруживаться группированием гипоцентров землетрясений низших энергетических классов на некоторых расстояниях от обнаруженных плоскостей группирования гипоцентров сильных землетрясений. Эта гипотеза была предварительно проверена для четырёх плоскостей группирования мощных афтершоковых землетрясений Кроноцкого землетрясения 5.12.1997 г. [2]. Для трёх неперекрывающихся диапазонов энергетических классов землетрясений были построены гистограммы расстояний отобранных землетрясений до каждой из плоскостей. Интервалы «карманов» расстояний всех диаграмм составляли 3 км. На рисунке 2 представлены гистограммы для первой плоскости (нумерация и параметры плоскости такие же, как в работе [1]).

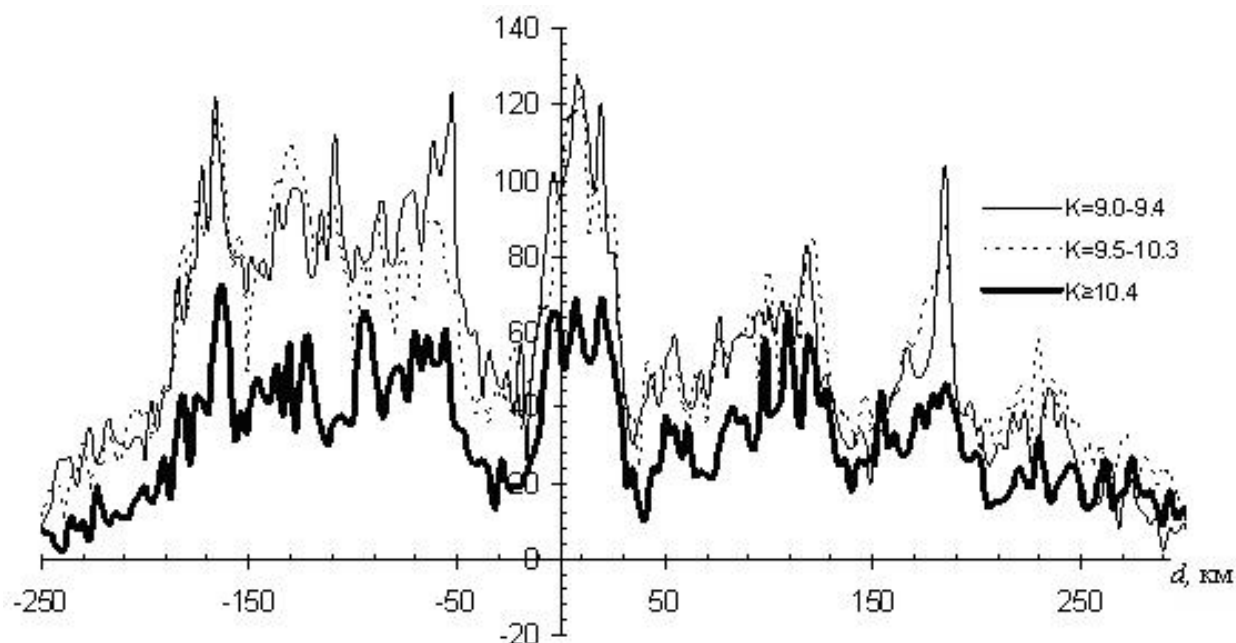


Рис. 2. Гистограммы расстояний d от первой плоскости гипоцентров землетрясений разных классов. Положительное расстояние – по направлению нормали (ближе к поверхности) Земли.

Из рисунка видно, что в диапазонах расстояний ± 170 км особенности гистограмм разных классов повторяются. Это относится, например, к пикам $(-8) \div 28$ км, $46 \div 65$ км, 185 км. Сглаженная огибающая гистограмм имеет форму, напоминающую колокол.

На рисунке 3 представлены гистограммы расстояний гипоцентров до первой плоскости, однако одна гистограмма соответствует событиям, произошедшим до Кроноцкого землетрясения 5.12.1997 11:23, а другая – произошедшим после. Для облегчения сравнения значения числа

событий гистограммы «после» для каждого интервала расстояний утроены. Повторение пиков практически на одних и тех же расстояниях от плоскости для всех гистограмм рисунков 2 и 3 указывает на *неслучайность появления соответствующих пиков и на то, что пики выявляют в пространстве плоские структуры, параллельные плоскостям группирования мощнейших афтершоковых землетрясений.*

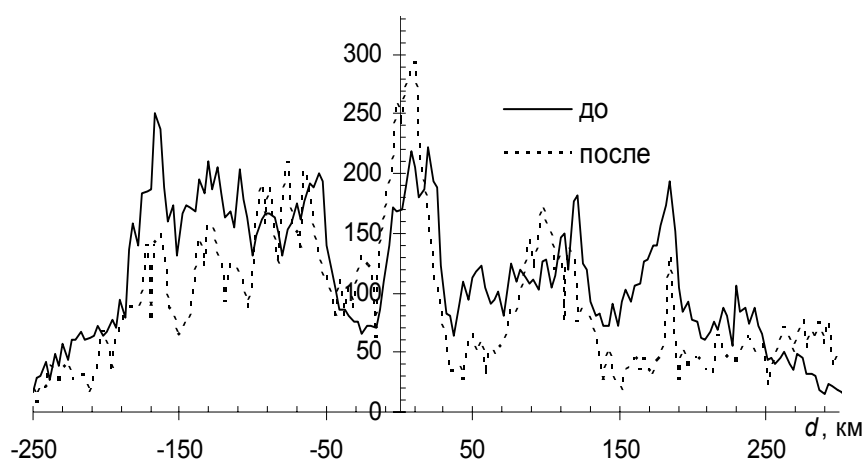


Рис.3. Все значения «после» (пунктир) – утроены.

Аналогичные особенности обнаруживаются и на гистограммах, построенных для третьей и четвертой плоскости, однако не обнаруживаются на гистограмме, построенной для второй плоскости. Последнее позволяет считать, что группирование четырех сильнейших афтершоковых землетрясений на одной плоскости (второй по обозначениям [2]) является случайным и не соответствует реально существующим в пространстве структурам. Таким образом, особенности распределения расстояний гипоцентров до плоскостей группирования мощнейших афтершоковых землетрясений Кроноцкого землетрясения указывают на *способ отделения случайного группирования гипоцентров на плоскости от группирования, соответствующего реально долговременно существующим в пространстве разломным структурам.*

Результаты поиска плоскостей группирования

Описанный выше алгоритм поиска позволил выявить 75 плоскостей группирования гипоцентров Камчатских землетрясений, класса выше 13. Параметры плоскостей собраны в базу данных, реализованную с помощью программы MS Access. После запуска программы становятся доступными три таблицы: «гипоцентры», «плоскости» и «гипоцентры на плоскости».

Поля таблицы «гипоцентры» включают: номер события по каталогу землетрясений Камчатского филиала Геофизической службы РАН, дату, широту, долготу, глубину гипоцентра, энергетический класс, декартовы координаты.

Поля таблицы «плоскости» включают номер плоскости (тенденция, которая выполняется не строго: больший номер - плоскость севернее); граница плоскости: каждая запись является списком номеров гипоцентров, формирующих границу плоскости-многоугольника. Порядок обхода плоскости – по часовой стрелке, если смотреть с конца вектора нормали. Далее поле гипоцентры: список всех гипоцентров, попадающих на плоскость, наконец, три поля n_x ; n_y ; n_z - компоненты вектора нормали плоскости; C_j/N_j – расстояние до плоскости от начала координат, DP – угол падения плоскости, δd – стандартное отклонение расстояний всех гипоцентров, по которым определены параметры плоскости, до неё; K_{max} – класс самого сильного события, гипоцентр которого попадает на плоскость; площадь плоскости-многоугольника. Далее поле примечания, в котором содержится мнение авторов работы, основанное на изучении распределения расстояний гипоцентров слабых землетрясений до плоскости о том, можно ли группирование гипоцентров сильных землетрясений на плоскости считать неслучайным. Поле уравнение содержит уравнение плоскости в декартовых координатах; гистограмма – соответствующий точечный рисунок; плоскость гипоцентров – два рисунка, один изображает положение плоскости относительно береговой линии Камчатки, второй – относительно декартовых координат, у вершин плоскости-многоугольника представлены номера событий согласно каталогу. Сами рисунки оказываются доступными для просмотра лишь после запуска формы «плоскости».

Поля последней таблицы «плоскости_гипоцентры» включают номер события по каталогу землетрясений; номер плоскости на которую попадает соответствующий гипоцентр; порядковый номер записи в этой таблице.

Рабочей формой базы данных является форма «плоскости». При запуске формы появляется возможность выбора номера плоскости из списка. При этом одновременно визуализируется доступная информация полей таблицы «плоскости». В частности, доступны диаграммы, на которых изображены положение плоскости-многоугольника вместе с береговой линией Камчатки, отдельно плоскость многоугольник с указанием положения на нём гипоцентров событий, по которым были определены параметры плоскости-многоугольника (рис. 4). Доступной оказывается также гистограмма расстояний событий меньшего класса, чем те, по которым была определена плоскость.

Заключение

В работе представлены предварительные результаты поиска плоскостей группирования камчатских землетрясений энергетического класса не ниже 13 и не расположенных на одной глубине. Обнаружено 75 таких плоскостей, определены их параметры: компоненты вектора нормали, углы падения, простирания, площади выпуклых многоугольников с вершинами-гипоцентрами. Предложено для оценки неслучайности группирования гипоцентров анализировать особенности гистограмм распределения расстояний до каждой из плоскостей гипоцентров землетрясений низших классов. Полученные результаты, наряду с [1], демонстрируют возможности используемого метода анализа пространственных структур сейсмоактивной зоны. Авторы полагают, что описанный метод анализа при его дальнейшем развитии позволит внести прояснить вопросы, касающиеся особенностей строения и сейсмичности рассматриваемого объема геофизической среды.

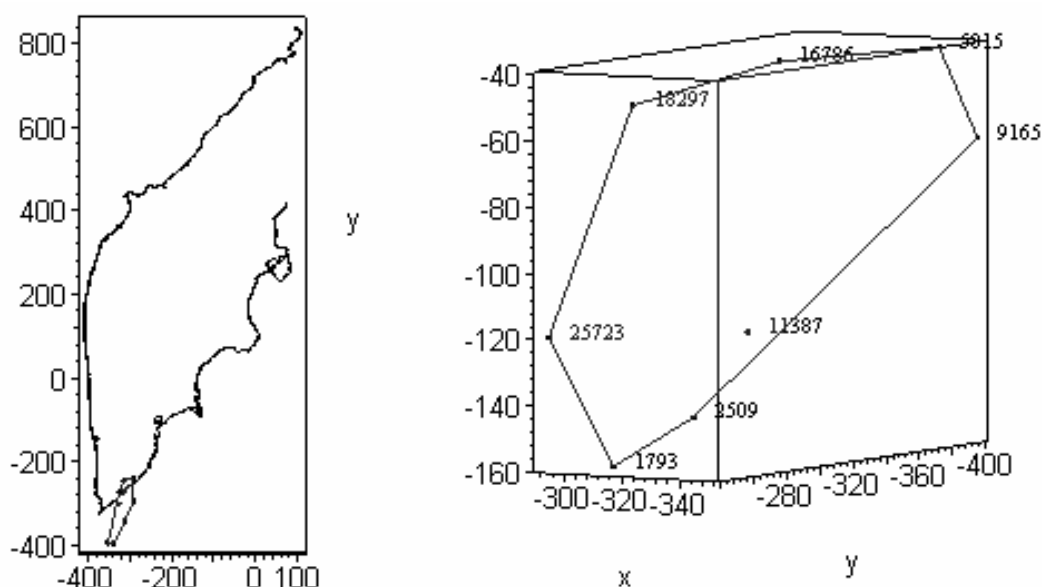


Рис. 4. Пример графического представления плоскости-многоугольника №2 (по нумерации базы данных) и расположении на ней гипоцентров с указанием номеров событий использовавшегося каталога.

Список литературы

1. Кролевец А.Н. Алгоритм поиска плоскостей группирования гипоцентров землетрясений // (статья в данном сборнике)
2. Кролевец А.Н. Плоскости разломов Кроноцкого землетрясения 5 декабря 1997 г. // Геофизический мониторинг Камчатки. Матер. научно-техн. конф. 17–18 января 2006 г., г. Петропавловск-Камчатский. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Оттиск, 2006. С. 32-39.
3. Кролевец А.Н. Иерархическая модель активной геофизической среды // Вулканология и сейсмология. 2003. №6. С. 71-80.
4. Уломов В.И. Моделирование зон возникновения землетрясений на основе решеточной регуляризации // Физика Земли. 1998. №9. С. 20-38.