

ДИНАМИКА СЕЙСМИЧНОСТИ КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Е.В. Сасорова¹, М.Ю. Андреева², Б.В. Левин^{1,2}

¹ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский просп. д.36, г. Москва, 117997;
e-mail: sasorova_lena@mail.ru

²ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, ул. Науки д. 1-б, г. Южно-Сахалинск,
693022

Поступила в редакцию 15 мая 2011 г.

Проведен анализ пространственно-временных закономерностей в распределении землетрясений в Курило-Охотском регионе. Исследования проводились для событий с $M_s \geq 4$ за период с 1980 по 2009 гг. и событий с $M_s \geq 7$ с 1910 по 2009 гг. (20576 и 76 землетрясений, соответственно). Подготовленный авторами специализированный комплекс программ позволил получить четырехмерные распределения сейсмических событий (по секциям, глубинам, временным интервалам и энергетическим уровням). Показано, что сейсмические события имеют ярко выраженную тенденцию к кластеризации как по латерали, так и по глубине. Пространственно-временной анализ событий ($M_s \geq 4$) в шести пятилетних интервалах за период 1980–2009 гг. выявил циклическое увеличение и уменьшение сейсмической активности в различные временные интервалы и циклическое перемещение ее от Южных Курил к Центральным и Северным и обратно. Анализ сильных событий с $M_s \geq 7$ в двадцати пятилетних интервалах за период 1910–2009 гг. показал, что количество сильных событий в последние 30 лет значительно сократилось, изменилось и расположение глубин гипоцентров (с 1975 г. наблюдаются только мелкофокусные землетрясения). Пики сейсмической активности, которые приходятся на 1915–1919 гг., 1955–1969 гг. и 2005–2009 гг., разделены 35 летними периодами снижения активности.

Ключевые слова: пространственно-временные распределения гипоцентров, кластеризация событий, временные циклы, Курильские о-ва.

ВВЕДЕНИЕ

В северо-западной части Тихоокеанского бассейна район Курильских о-вов является самым сейсмически активным [5, 6] с большим диапазоном глубин очагов землетрясений (до 650 км) и значительным разбросом по магнитудам (до $M_s = 8.3$).

Закономерности сейсмического процесса исследовались ранее [1] и другими авторами [2, 3, 13], но, в основном, для сильных событий с магнитудой $M \geq 7$. Выявлено, что подавляющее число Курильских землетрясений происходит в диапазоне глубин 35–55 км. В работе [15] была сделана оценка сейсмической активности (по распределению относительного числа землетрясений) в зависимости от изменения глубины очага и магнитуды. Отмечено, что распределение землетрясений по магнитуде дискретно [7, 8]. Были выявлены “энергетические пятна” [14] (для зем-

летрясений с глубиной очага меньше 80 км), которые мигрируют вдоль Курило-Камчатской зоны. Особо выделяется исследование Г.А. Соболева, посвященное изучению вариаций сейсмичности Камчатки и Курильских о-вов за последние 47 лет [12]. Обнаружены эффекты синхронизации и периодичности сейсмической активности после 2006 г. Но ни в одной работе не исследовалась подробно динамика сейсмического процесса для землетрясений всех глубин и разных энергетических уровней Курило-Охотского региона за весь период инструментальных наблюдений.

Эта работа является завершающей в цикле исследований сейсмичности Курило-Охотского региона. Целью ее является изучение пространственно-временных закономерностей распределения гипоцентров землетрясений и выделившейся энергии в изучаемом районе. Геологические аспекты проблемы в данной статье не затрагиваются.

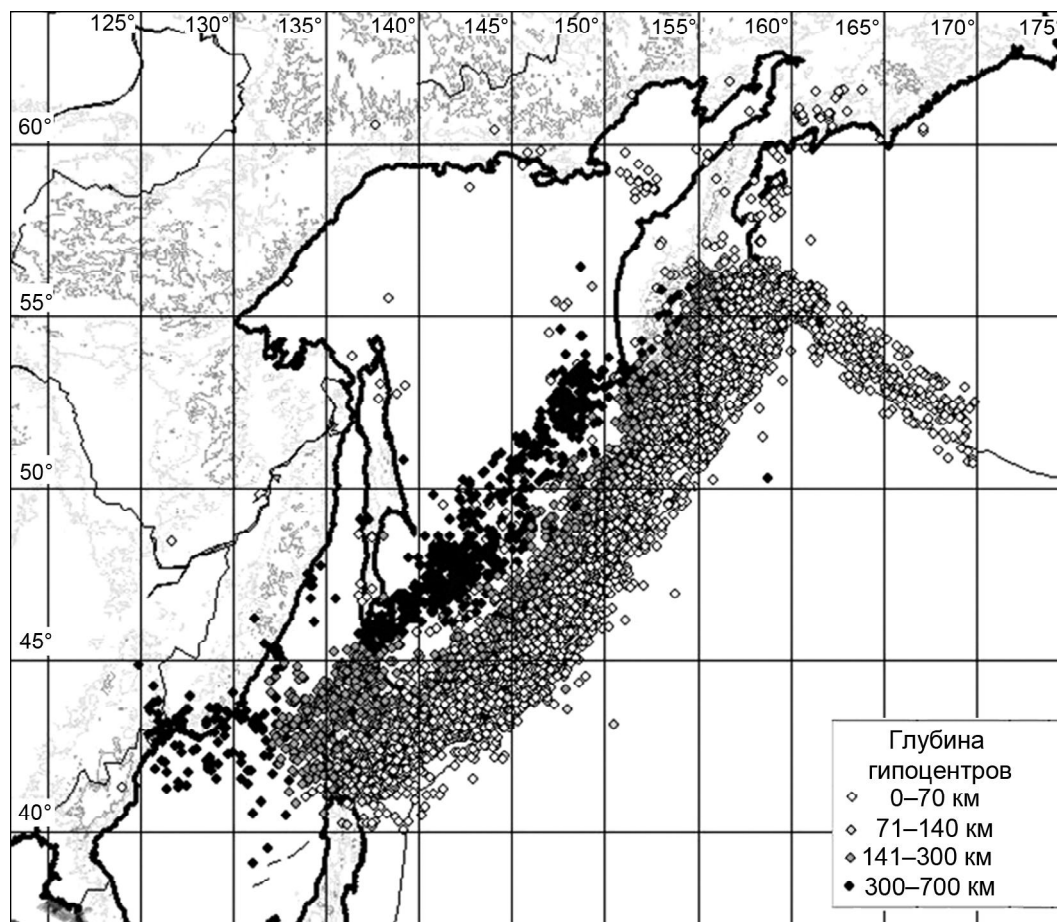


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений с $M \geq 4$ (из [4] с дополнениями).

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Основой для многомерного статистического анализа является каталог Курило-Камчатских землетрясений [4], подготовленный и пополняемый авторами. Для работы был создан рабочий каталог (далее – каталог), куда вошли 20576 событий с $M_s \geq 4.0$ Курило-Охотского региона за 1980–2009 гг. Представительными для Курильского региона за этот период могут считаться землетрясения с $M_s \geq 4.0$ [10]. Для сильных землетрясений с $M_s \geq 7.0$ нижняя временная граница каталога была сдвинута до 1910 г. В работе исследовались землетрясения с глубиной очага $0 \leq H \leq 700$ км.

При рассмотрении временных закономерностей в 4–5-летних интервалах наличие афтершоков искажает картину сейсмического процесса, поэтому из каталога были удалены афтершоки с помощью программы, разработанной В.Б. Смирновым [11]. После обработки каталог содержит 11986 событий (рис. 1). На этом рисунке четко просматри-

вается разделение событий по глубине. Эпицентры мелкофокусных землетрясений с глубиной очага $H \leq 70$ км располагаются полосой вдоль континентального склона глубоководной впадины. Ближе к Курилам и под ними расположены гипоцентры событий с глубиной очага $71 < H \leq 140$ км и $141 < H \leq 300$ км. Глубокофокусные землетрясения с глубиной очага $H \geq 301$ км локализованы в Охотском и Японском морях полосой от юга Приморья до Южной Камчатки.

Для выявления пространственных и пространственно-временных закономерностей в распределении сейсмических событий вдоль Курильской островной дуги исследуемый регион был разделен на 18 одинаковых частей (секций), заданных координатами узловых точек (рис. 2). Длина нижней границы каждой из них – около 100 км (кривизна дуги в этом случае незначительная). Каждое событие связано только с одним из секторов. Особенностью данной работы является использование созданного авторами специализированного программного обеспечения для проведения многомер-

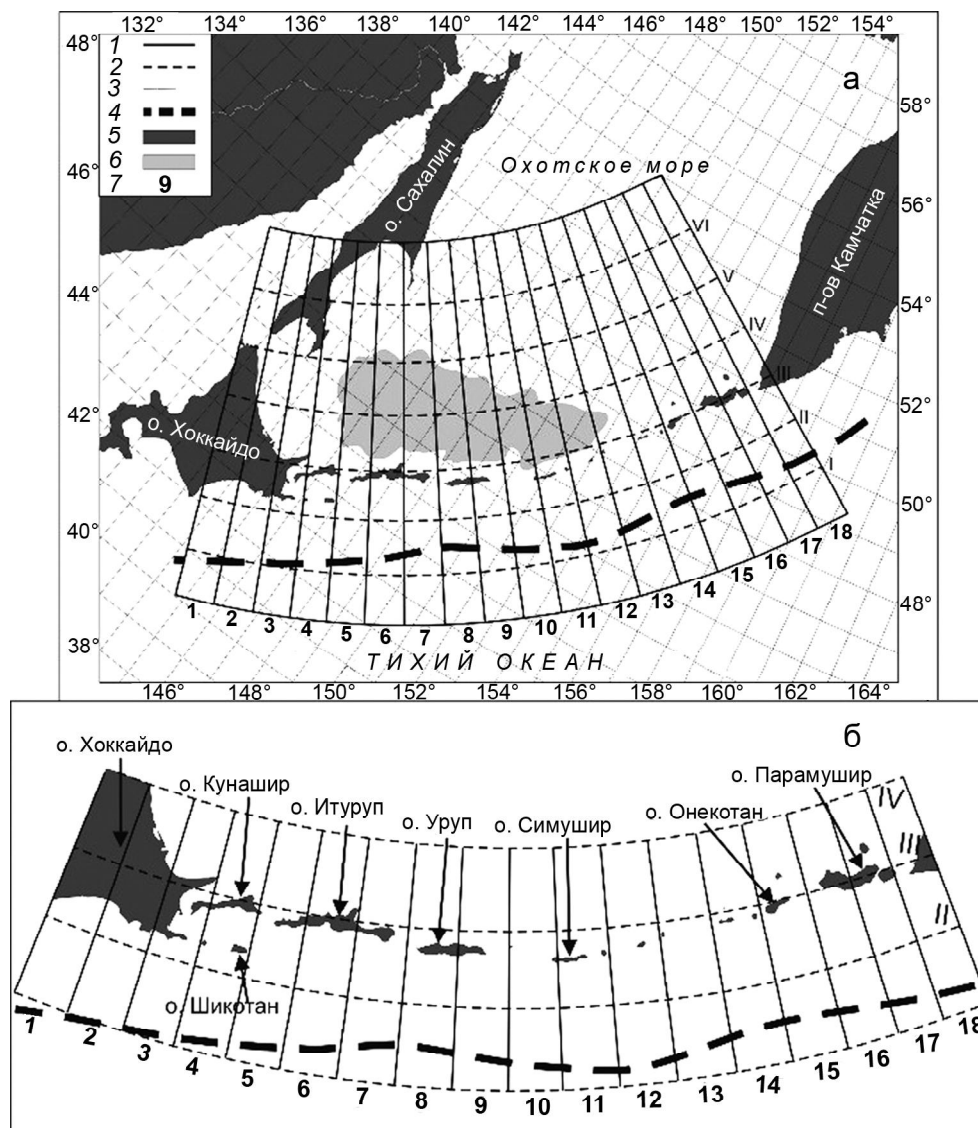


Рис. 2. Секции Курильской сейсмоактивной зоны, более подробно для о-ва Курильской дуги.

1 – границы секций; 2 – вспомогательные линии для секций; 3 – координатная сетка; 4 – Курило-Камчатский желоб; 5 – фрагменты восточной окраины Евразии; 6 – Южно-Охотская глубоководная котловина; 7 – номера секций.

ного статистического анализа пространственно-временных распределений сейсмических событий.

Разработанный комплекс программ в системе MatLab в рамках данной работы выполняет следующие функции:

- выделяет землетрясения из рабочего каталога по заданной секции (или совокупности секций) и временному интервалу;
- формирует 4-х мерную матрицу (номер секции, глубина гипоцентра, магнитуда события, время) для количества нормированных событий и выделенной энергии;
- выделяет любое заданное подмножество из 4-х мерной матрицы;

· графически представляет распределения землетрясений для выделенных подмножеств.

В работе для анализа распределений сейсмических событий использовались дважды нормированное количество землетрясений и выделенной энергии (по длине границ литосферных плит в каждом секторе и по 10-летнему временному интервалу). Так как большинство землетрясений приурочено к границам литосферных плит, двойное нормирование дает нам среднее число землетрясений, генерируемое на каждые 100 километров плитовой границы за 10 лет (для сильнейших событий нормирование на временной интервал не производилось). Использование этой характеристики по-

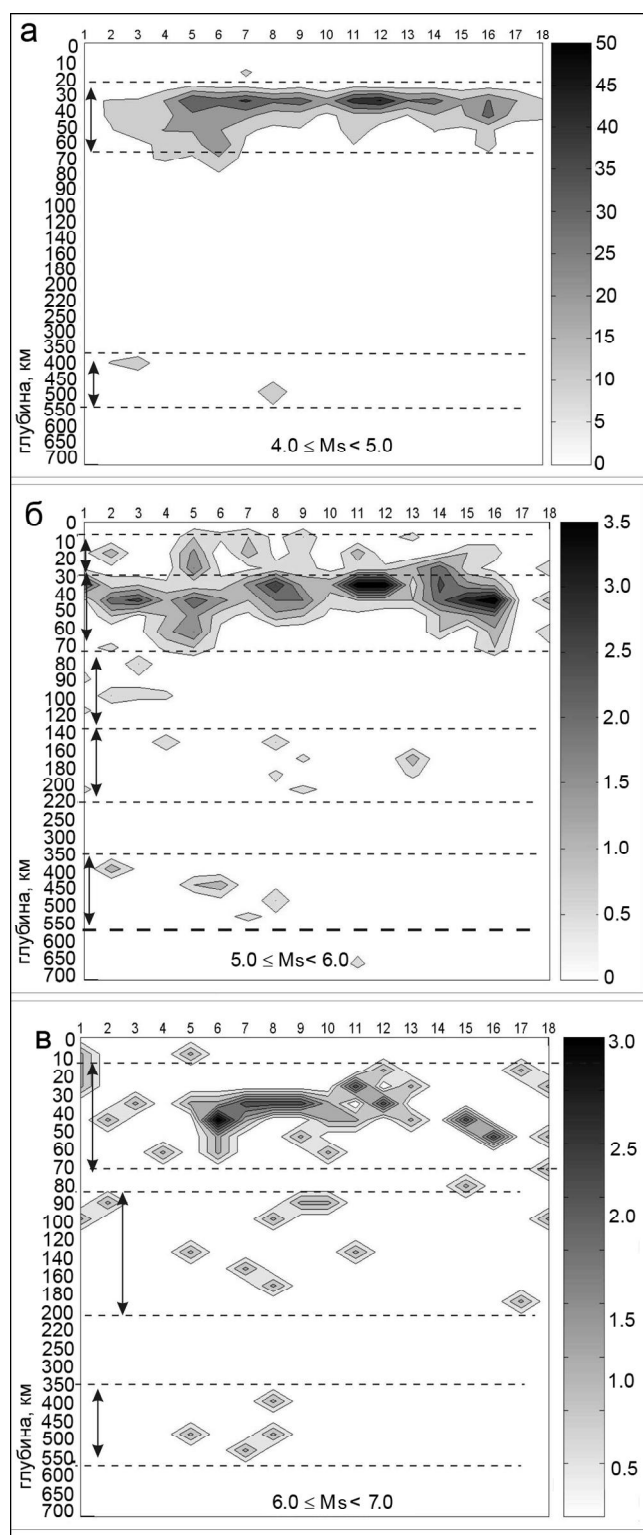


Рис. 3. Двумерные распределения землетрясений с $M_s < 7$ Курило-Охотского региона.

По горизонтальной оси – номера секций. Шкала дважды нормированного количества событий приведена справа от рисунка.

звояет сравнивать сейсмическую активность в различных секциях.

Для создания исходной 4-х мерной матрицы все события в каталоге в каждом секторе подразделяются на несколько подмножеств по следующим магнитудным диапазонам (МД): $4.0 \leq M_s < 5.0$; $5.0 \leq M_s < 6.0$; $6.0 \leq M_s < 7.0$; $7.0 \leq M_s < 7.5$; $7.5 \leq M_s < 8.0$; $M_s \geq 8.0$. Шкала магнитуд, начиная с $M_s \geq 7.0$, задана более подробной, так как распределение сильных землетрясений представляет наибольший интерес и именно они вносят основной вклад в суммарную энергию, выделенную в результате тектонических подвижек. Энергия землетрясения определялась как $\lg E = 4.8 + 1.5 M_s$ (в Дж) [9].

Задаются неравномерная шкала глубин (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700 км) и шкала пятилетних временных интервалов.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА НОРМИРОВАННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КУРИЛО-ОХОТСКОГО РЕГИОНА

Двумерные распределения событий (по секциям и глубинам) представлены на рис. 3 (три распределения для трех МД). Справа от каждого распределения находится шкала соответствия уровня серого цвета количеству нормированных событий. Эти распределения представляют собой области, заполненные разными оттенками серого цвета (от черного до белого) в зависимости от количества событий, которые произошли в данной секции (С) и на данной глубине. Количество событий в разных МД существенно различается, поэтому шкала цвета своя для каждого фрагмента.

Такое графическое представление распределения сейсмических событий позволяет наглядно наблюдать ярко выраженное пространственное расслоение событий, как по секциям, так и по глубинам для всех МД. Показано, что землетрясения распределены неравномерно, и они группируются вокруг центров сгущений. Наибольшая плотность событий (более 50 событий в 10 лет) характерна для секции 12.

Основное количество землетрясений с магнитудой $4.0 \leq M_s < 5.0$ (рис. 3а) локализовано на двух глубинных уровнях: 30–60 км и 350–550 км. Установлено, что наибольшая плотность событий с глубинами очагов $30 \leq H \leq 60$ км отмечается на южном фланге Курильской дуги и реже на Средних Курилах. Глубокие землетрясения отмечаются только на Южных Курилах. Сгущения событий на промежуточных глубинах (80–300 км) не наблюдаются для всей совокуп-

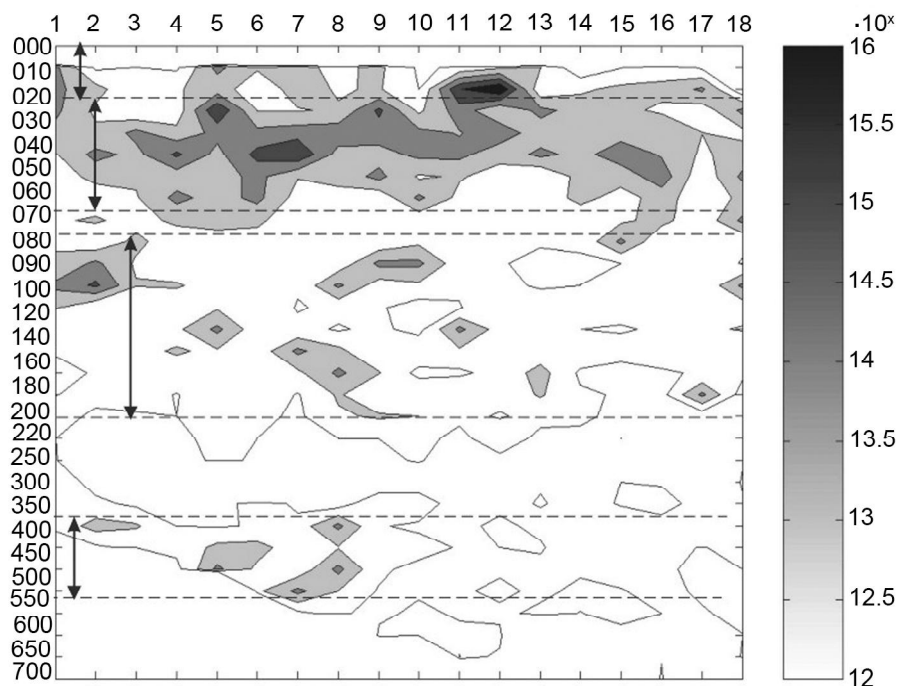


Рис. 4. Двумерное распределение нормированной сейсмической энергии. По горизонтальной оси – номер секции, по вертикальной оси – глубина гипоцентра, км. Шкала энергии в логарифмическом масштабе (в Дж) приведена справа от рисунка.

ности секций. Это не означает, что землетрясения с $4.0 \leq M_s < 5.0$ вообще не наблюдаются на этих глубинах, просто плотность этих событий невелика (не более 3–6 событий за 10 лет).

Для сейсмических событий с магнитудой $5.0 \leq M_s < 6.0$ выделяются 5 глубинных слоев: 10–30 км, 30–70 км, 80–120 км, 140–220 км и 350–550 км (рис. 3б). На глубоких уровнях события концентрируются в основном районе Южных Курил.

События с магнитудой $6.0 \leq M_s < 7.0$ (рис. 3в) распределяются в трех глубинных уровнях: 10–70 км, 80–200 км и 350–550 км. Промежуточные и глубокие землетрясения (с глубинами 80–200 км и 350–550 км) наблюдаются, в основном, в районе Южных Курил.

Для событий с магнитудами $M_s \geq 7.5$ отмечается тенденция уменьшения глубины гипоцентра с возрастанием магнитуды. Землетрясения с магнитудой $7.0 \leq M_s < 7.5$ регистрировались только на Южных Курилах на двух глубинных уровнях: 20–50 км (секции 4, 6, 9) и 100–120 км (С 2). События с $7.5 \leq M_s < 8.0$ происходили на Южных (С 5, 7) и Средних (С 11) Курилах на глубинах 20–50 км, а с магнитудой $8.0 \leq M_s < 8.5$ – уже на глубине 10–20 км (Средние Курилы, С 12). Количество землетрясений с $M_s \geq 7.5$ сравнительно невелико, поэтому рисунки

с двумерными распределениями событий в этих МД не приводятся, но основная часть выделившейся энергии приходится именно на эту группу событий.

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Двумерные распределения плотности энергии, выделившейся в результате землетрясений, (по секциям и глубинам) представлены на рис. 4. Наибольшая концентрация энергии полностью соответствует распределению количества сильных землетрясений с $M_s \geq 7.0$. Эти землетрясения, в основном, происходили на глубинах от 10 до 80 км. На глубинах от 80 до 200 км области концентрации энергии сосредоточены в тех же местах, что и локальные максимумы в распределении количества событий в МД $6.0 \leq M_s < 7.0$, $7.0 \leq M_s < 7.5$.

Аналогичная картина наблюдается и для глубоких землетрясений (с глубинами 400–550 км). Локальному максимуму в С 8 соответствует локальный максимум количества событий на этих глубинах, а севернее о. Уруп в этом диапазоне глубин выделяется лишь незначительное количество энергии.

Суммарная энергия, выделившаяся по всем интервалам глубин за периоды с 1980 по 2009 гг. и 1911–2009 гг., приведена на рис. 5. Наименьшее количество выделенной энергии с 1980 по 2009 гг. (рис. 5а) при-

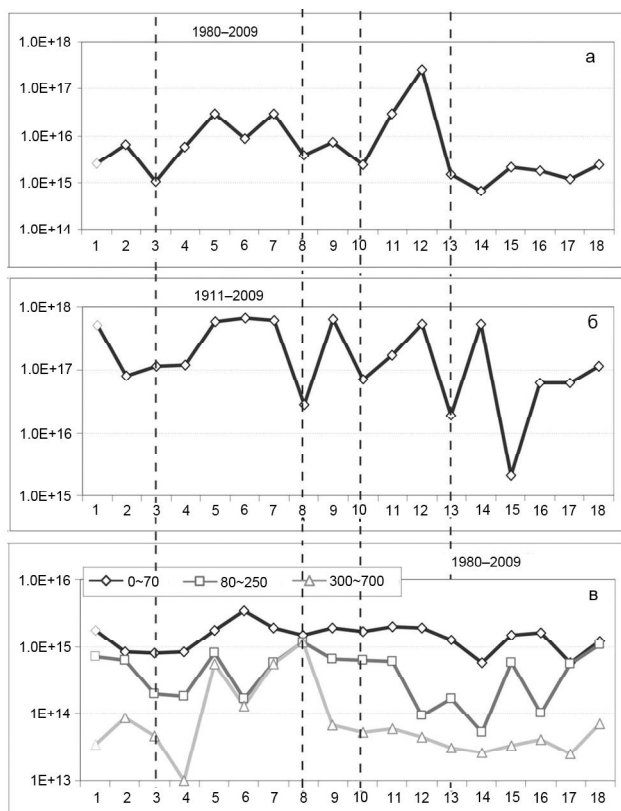


Рис. 5. Суммарная энергия, выделенная на Курильских секторах, для временных интервалов: а – 1980–2009 гг.; б – 1911–2009 гг.; в – распределение сейсмической энергии для трех глубинных диапазонов для событий с $4 \leq M_s < 7$. По оси абсцисс – номер секции, по оси ординат – нормированная энергия, Дж.

ходится на Южные (С 3) и Средние (С 13), а также на Северные (С 14–18) Курильские о-ва. Сильных землетрясений в этих секторах за последние 30 лет не наблюдалось. Максимальная энергия отмечается в С 12 за счет Симуширских землетрясений (15.11.2006 и 13.01.2007 гг.).

За период с 1911 г. (рис. 5б) максимальное количество энергии от $2.1 \cdot 10^{17}$ до $3.3 \cdot 10^{17}$ Дж выделяется в С 1, 5–7, 9, 12, 14 (учитывались только сильные события с $M_s \geq 7.0$). В этом случае суммарное значение выделившейся энергии для секции 15 (о-в Онекотан) оказалось равным нулю (ни одного события с 1911 г.) Для построения графика с логарифмической шкалой этому полигону была условно приписана энергия, выделившаяся за период с 1980 по 2009 гг. от более слабых событий. За период с 1911 г. для всех “максимальных” секций уровень энерговыделения имеет незначительный разброс, так же как и для “минимальных” (за исключением С 15).

На распределениях энергии за период с 1980 г. (рис. 5в) не учитывались сильные события. В этом

случае распределения энергии для глубоких и промежуточных событий практически совпадают на Южном фланге Курильской дуги (С 1–10).

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КУРИЛЬСКОЙ ДУГИ

Для выполнения анализа весь промежуток наблюдений с 1980–2009 гг. был разбит на пятилетние временные интервалы (ВИН) и были построены двумерные распределения нормированного количества сейсмических событий для всех МД по каждому временному интервалу. Нормирование событий на единицу времени для этой части работы не проводилось. Количество событий для разных промежутков времени в пределах одного МД существенно меняется, но для сопоставления распределений по всем временным интервалам шкала цвета оставалась постоянной внутри одного МД.

Здесь приведены двумерные распределения только для одного МД ($4 \leq M_s < 5$ на рис. 6); отмечается периодическое увеличение (до 50 событий) и уменьшение (до 18–20 событий) сейсмической активности в различные ВИН и циклическое перемещение ее от Южных к Северным Курильским о-вам и обратно. Для землетрясений в МД $5 \leq M_s < 6$ наблюдается такая же регулярность, как во времени, так и в пространстве, причем периоды изменения сейсмической активности практически совпадают с такими же периодами для событий с $4 \leq M_s < 5$. Следующий МД ($M_s \geq 6$) отличается тем, что в нем относительно немного событий, но с очень большим разбросом по энергии – до 3.5 порядков. Количество событий от одного временного интервала к другому меняется не очень сильно, но в разные ВИН существенно меняется распределение событий в пространстве. Периодическое перемещение сейсмической активности вдоль Курильской дуги наблюдается и для этого МД.

Далее построим гистограммы для распределения относительного количества сейсмических событий по пятилетним временным интервалам для двух МД: $4 \leq M_s < 5$ и $5 \leq M_s < 6$ (рис. 7). Производилось нормирование на общее количество событий в соответствующем МД, и в каждой гистограмме события были подразделены на 4 группы по интервалам глубин. Это позволяет нам проанализировать, как меняется процентное соотношение между событиями, принадлежащими к разным диапазонам глубин в течение времени.

Для событий с $4 \leq M_s < 5$ (рис. 7а) соотношение между мелко- и глубокофокусными событиями остается приблизительно постоянным (17–18 %),

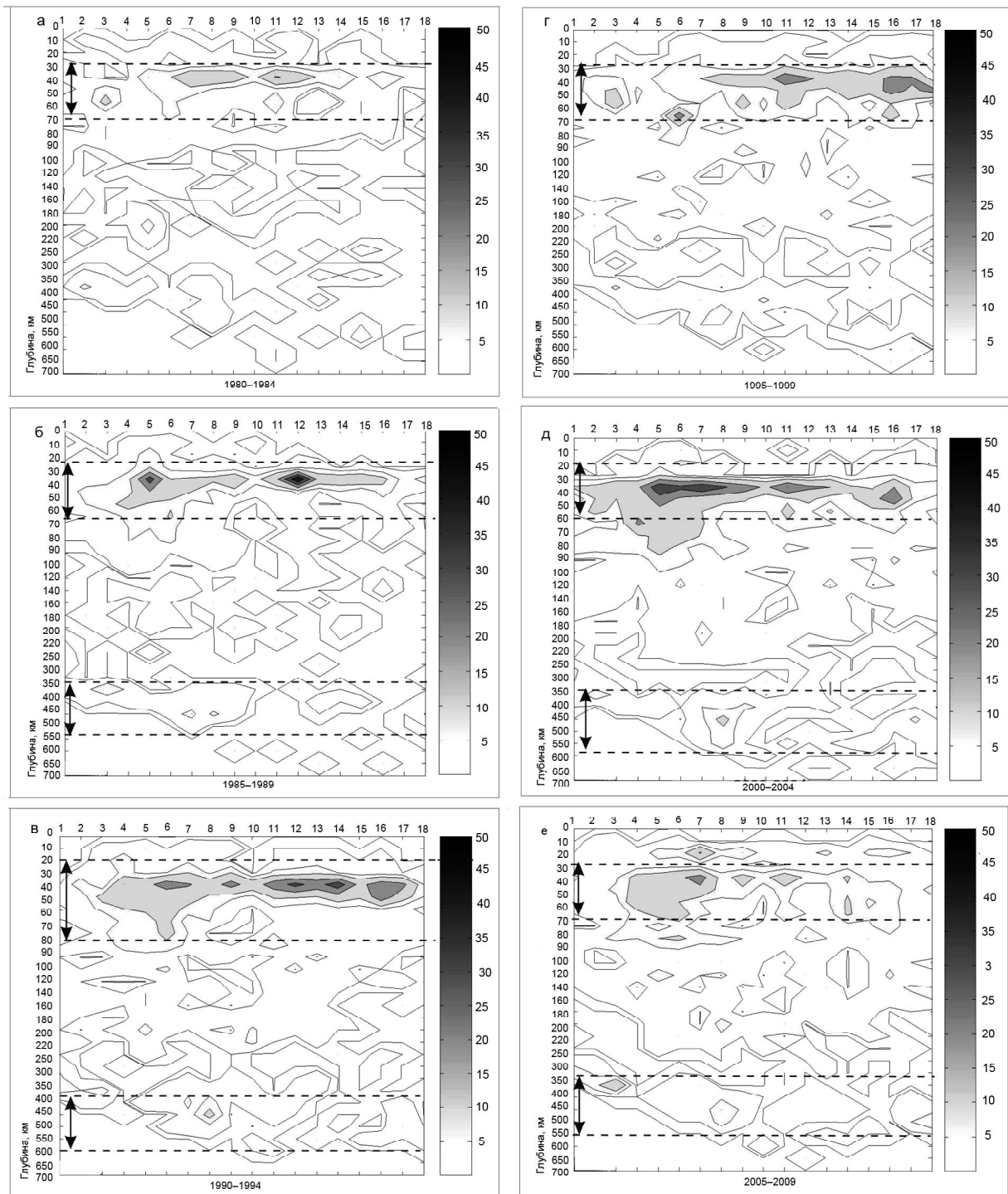


Рис. 6. Двумерные распределения землетрясений с магнитудой $4 \leq M_s < 5$ для шести временных интервалов. По горизонтальной оси – номер секции. По вертикальной оси – глубина, км. Интенсивность уровня серого соответствует количеству событий в каждой точке распределения. Шкала уровня серого – справа от каждого фрагмента.

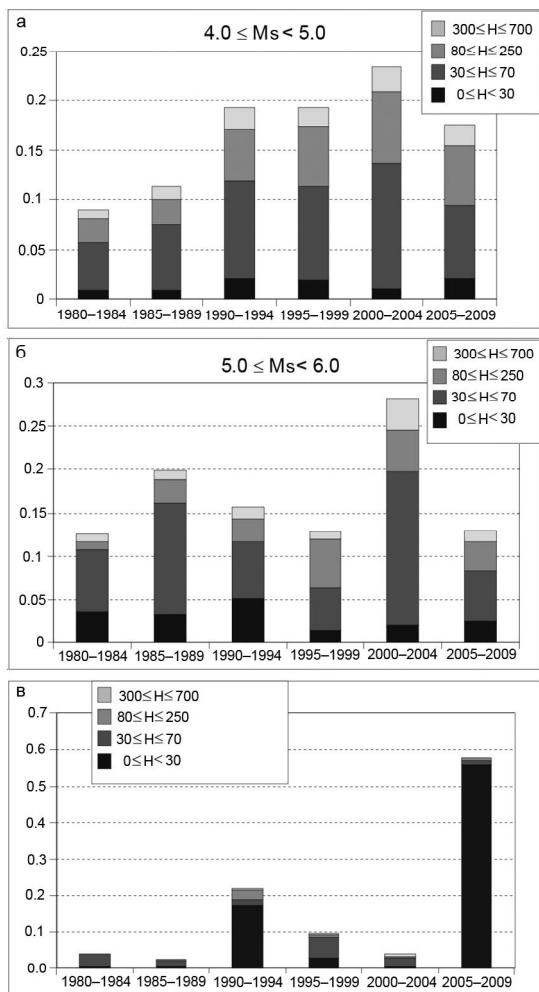


Рис. 7. Гистограммы распределений относительного количества событий по пятилетним интервалам для событий с магнитудным диапазоном: а – $4 \leq M_s < 5$; б – $5 \leq M_s < 6$; в – гистограмма относительного количества выделившейся энергии для событий с $M_s \geq 6$. Горизонтальные оси – временные интервалы. Вертикальные оси – относительное количество: а, б – событий; в – энергии. Интенсивность серого цвета задает относительное распределение событий по глубине.

но оно изменяется в 2005–2009 гг. (до 23 %). Также меняется и соотношение между промежуточными и неглубокофокусными землетрясениями (от 40 % до 63 %), только в этом случае изменение происходит плавно с 1995 г.

Для МД $5 \leq M_s < 6$ (рис. 7б) периодичность возникновения событий во времени выражена более ярко. Особенностью этого МД в распределении землетрясений (в 1995–1999 гг.) является то, что количество неглубокофокусных и промежуточных событий становится приблизительно равным (промежуточных 89 % от первых), а количество глубо-

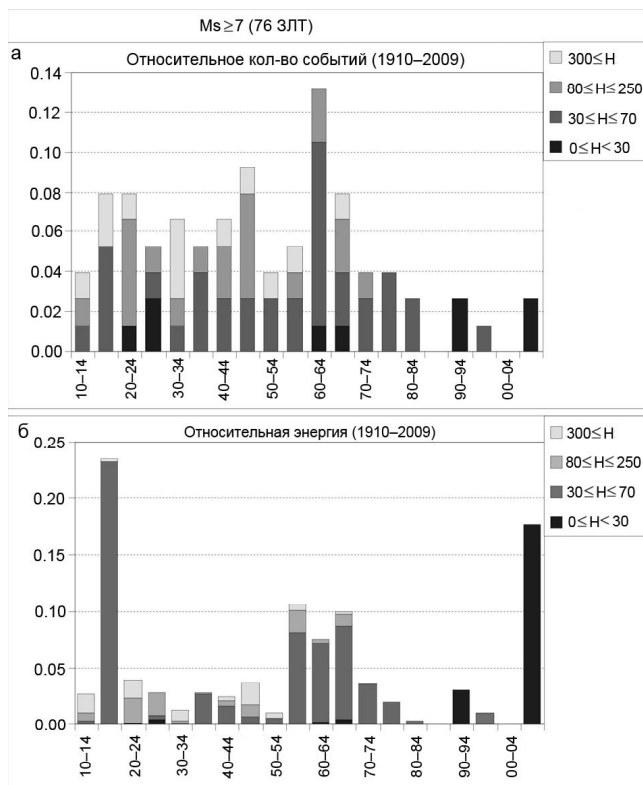


Рис. 8. Распределение относительного количества: а – событий с $M_s \geq 7$ по пятилетним интервалам; б – выделившейся энергии для этих же событий. Горизонтальные оси обеих гистограмм – временные интервалы. Вертикальные оси – относительное количество событий. Интенсивность серого цвета задает процентное распределение событий по глубине.

ких землетрясений увеличивается в интервале 2000–2004 гг. до 20 %.

На рис. 7в приведено распределение относительного количества энергии по пятилетним временным интервалам. Максимальное количество энергии выделилось в 1990–1994 и 2005–2009 гг., что соответствует по времени крупным землетрясениям: Шикотанскому (1994 г.) и Симуширским (2006, 2007 гг.). И в эти ВИН больше 90 % энергии выделяется от событий с глубиной очага не более 30 км, в остальные ВИН – от событий 30–70 км.

На рис. 8 приведены распределения относительного количества землетрясений и энергии для сильных событий с $M_s \geq 7$ по 20 интервалам длительностью по пять лет, начиная с 1910 г. (с разделением по диапазонам глубин). Количество сильных событий в последние 30 лет (рис. 8а) значительно сократилось и есть пятилетние интервалы, в которых не происходит ни одного сильного землетрясения, кроме того, существенно изменился и

глубинный состав событий. С 1910 по 1969 гг. практически в каждом ВИН присутствуют глубокие землетрясения и они составляют существенную часть событий (в некоторых ВИН до 60 %, среднее значение – 21 %). Начиная с 1970 г. глубокие сильные события не наблюдаются. Существенная часть сильных событий до 1974 г. расположена и на промежуточных глубинах (в ВИН 1945–1949 гг. до 57 %, а среднее значение – 29 %). Начиная с 1975 г., все сильные события расположены на глубинах до 70 км.

Наибольшее значение энергии (более 23 %) приходится на ВИН 1915–1919 гг. (рис. 8б), затем ВИН 2005–2009 гг. (18 % от всей энергии за 100 лет). За период 1955–1969 гг. выделяется от 7.5 % до 10.5 % от общей энергии. В этом случае основная ее часть освобождается на глубинах от 30 до 70 км (7–8 %); до 2 % приходится на промежуточные глубины и около 0.5 % – на глубокие события (в ВИН 1954–1959 гг.). На оставшиеся ВИН приходится от 1 до 4 % выделившейся энергии. В периоды 1910–1914 и 1920–1954 гг. заметная часть энергии в пятилетних интервалах выделяется от глубоких и промежуточных событий. После 1969 г. вся энергия выделяется от событий с глубинами $0 \leq H < 70$ км.

ВЫВОДЫ

1. Для сейсмических событий с $M_s \geq 4$ за период с 1980 по 2009 гг. обнаружена кластеризация гипоцентров, как по секторам, так и по глубинным уровням; тенденция к уменьшению глубины гипоцентра с возрастанием магнитуды землетрясений. Пространственно-временной анализ выявил периодическое изменение и циклическое перемещение сейсмической активности от Южных Курильских островов к Северным и обратно.

2. Для сильных сейсмических событий ($M_s \geq 7$) за период с 1910 по 2009 гг. отмечено, что в районе о. Онекотан с 1910 г. не было ни одного сильного события (что может свидетельствовать о возможности появления сильного события в этом месте в будущем); есть локальные минимумы энергии в районе северной части о. Уруп.

3. Пространственно-временное исследование каталога землетрясений показало:

а) значительное сокращение в последние 30 лет количества сильных землетрясений;

б) изменение глубинного состава сильных событий: с 1910 по 1969 гг. практически в каждом пятилетнем временном интервале присутствуют глубокие и промежуточные (в среднем 21 % и 29 % от об-

щего количества), а с 1975 г. наблюдаются только неглубокофокусные землетрясения;

в) пики сейсмической активности разделены 35-летними “спокойными” периодами, в которых выделяется до 4 % энергии в каждом временном интервале.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят к. г.-м. н. В.Л. Ломтева за помощь в подготовке статьи. Работа проводилась при поддержке гранта РФФИ (проект № 07-05-00116 а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева М.Ю., Сасорова Е.В., Левин Б.В. Особенности внутригодового распределения землетрясений Курильского региона // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 5. С. 85–95.
2. Балакина Л.М. Курило-Камчатская сейсмогенная зона: строение и порядок генерации землетрясений // Физика Земли. 1995. № 12. С. 48–57.
3. Викулин А.В. Миграция и осцилляции сейсмической активности и волновые движения земной коры // Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2001. С. 205–224.
4. Ким Чун Ун, Андреева М.Ю. Каталог землетрясений Курило-Камчатского региона (1737–2005 гг.). Препринт. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2009. 126 с.
5. Левин Б.В., Сасорова Е.В. Бимодальный характер широтных распределений землетрясений в Тихоокеанском регионе как проявление глобальной сейсмичности // Докл. РАН. 2009-а. Т. 424, № 4. С. 538–542.
6. Левин Б.В., Сасорова Е.В. Глубинные распределения землетрясений по широтным поясам в Тихоокеанском регионе: общие тенденции // Докл. РАН. 2009-б. Т. 426, № 4. С. 537–542.
7. Поплавский А.А., Бобков А.О. Статистическое исследование распределения землетрясений по глубине с учетом случайных ошибок ее оценок // Динамика очаговых зон и прогнозирование сильных землетрясений Северо-Запада Тихого океана (в 2 т.): Сб. статей / Отв. ред. А.И. Иващенко. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2001. Т. 1. С. 128–141.
8. Поплавский А.А., Бобков А.О. О распределении дальневосточных землетрясений по глубине залегания гипоцентра и магнитуде // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока и Восточной Сибири: докл. междунар. науч. симпоз., Южно-Сахалинск, 24–28 сентября 2002 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2003. Т. 2. С. 64–87.
9. Рихтер Ч.Ф. Элементарная сейсмология. М.: Изд-во литры на иностр. яз., 1963. 670 с.
10. Сасорова Е.В., Андреева М.Ю. Глубинное распределение гипоцентров землетрясений Курильского региона // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 6. С. 107–115.
11. Смирнов В.Б. Опыт оценки представительности данных каталогов землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1997. № 4. С. 93–105.
12. Соболев Г.А. Динамика современной сейсмичности Курило-Камчатской сейсмоактивной зоны // Вулканология и сейсмология. 2010. № 6. С. 3–14.

13. Тараканов Р.З., Бобков А.О. Зоны возможных очагов землетрясений Курило-Охотского региона // Проблемы сейсмической опасности Дальневосточного региона. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. С. 94–107. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией; т. 6.)
14. Федоров С.А., Федорова И.В., Олейник О.В. и др. Динамика спектрально-временной структуры сейсмической энергии вдоль Курило-Камчатской зоны // Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3. Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий. М.: Янус-К, 2002. С. 291–297.
15. Фотиади Э.Э., Березин М.А., Волков А.Н. и др. Геофизическое изучение глубинного строения внутренней зоны Тихоокеанского подвижного пояса на востоке СССР. Строение и развитие земной коры на советском Дальнем Востоке // Труды сессии отделения наук о Земле и Сибирского отделения АН СССР на Дальнем Востоке / Отв. ред. Э.Э. Фотиади. М.: Наука, 1969. С. 43–65.

Рекомендована к печати Т.К. Злобиным

E.V. Sasorova, M.Yu. Andreeva, B.W. Levin

Seismic dynamics of the Kuril Island on the basis of the multidimensional statistical analysis

The present paper considers spatial-temporal distributions of the earthquakes in the Kuril-Okhotsk region. Events: with $M_s \geq 4$ for the time interval from 1980 to 2009 and with $M_s \geq 7$ from 1910 to 2009 (20576 and 76 earthquakes, respectively) have been investigated. The specialized complex of programs prepared by the authors enabled to get four-dimensional distributions of the seismic events (in sections, depths, time intervals and power levels). A clear spatial clustering of the seismic events is traced both in sections and depths.

The spatial-temporal analysis of the earthquakes with $M_s \geq 4$ in six five year intervals for the period 1980–2009 has revealed a cyclic increasing and decreasing of the seismic activity in various time intervals and cyclic migration of the activity between South and North Kuril Islands. The study of strong earthquakes with $M_s \geq 7$ in twenty-five years for the period 1910–2009 demonstrated that a number of great seismic events substantially reduced in the last 30 years. The distribution of these events in depths also was also considerably changed. The peaks of seismic activity which fall on 1915–1919, 1955–1969, and 2005–2009, are separated by 35 years intervals of decrease in seismic activity.

Key words: hypocenter spatial-temporal distributions, seismic event clustering, time cycles, Kuril Islands.