

УДК 550. 34.0

Мамыров Э.

*Институт сейсмологии НАН КР  
г.Бишкек, Кыргызстан*

## ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО СБРОШЕННОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ КРУПНЫХ КОРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗА 1976- 2013 ГГ.

**Аннотация:** В статье рассмотрены многолетние изменения сброшенного сейсмического напряжения по каталогу Global CMT Catalog за 1976 – 2013 гг. Установлено, что на глобальном и региональном уровнях колебания этого параметра происходили синхронно и привели к изменениям взаимосвязей магнитуд с сейсмическим моментом.

**Ключевые слова:** сброшенное напряжение, колебание, взаимосвязь, магнитуда, сейсмический момент, землетрясение.

## 1976-2013-ЖЫЛДАР ҮЧҮН ЖЕР КЫРТЫШЫНЫН ИРИ ТИТИРӨӨЛӨРҮНҮН СТАТИКАЛЫК ТАШТАЛГАН СЕЙСМИКАЛЫК ЧЫҢАЛУУЛАРЫНЫН ГЛОБАЛДЫК ЖАНА АЙМАКТЫК ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮ

**Кыскача мазмуну:** Макалада жер кыртыштын титирөөлөрүнүн көп жылдык өзгөрүштөрү Global CMT каталогу боюнча каралган. Глобалдык жана регионалдык денгелде бул параметрдин өзгөрүштөрүнүн синхрондугу байкалгандыгы жана анын магнитуда менен сейсмикалык моменттин байланыштарына таасир бергени аныкталган.

**Түйүндүү сөздөр:** ыргытылган чыңалуу, олку-солкулук, өз ара байланыш, магнитуда, сейсмикалык учур, жер титирөө.

## GLOBAL AND REGIONAL CHANGES OF STRESS DROPS OF STRONG CRUSTAL EARTHQUAKES OCCURRED FROM 1976 TO 2013

**Abstract:** The long-term changes of seismic stress drops according to the Global CMT Catalog for 1976 – 2013 are presented in the paper. It was found that variations in this parameter at the global and regional levels occurred synchronously and led to changes in the relationship of seismic moment and magnitudes.

**Keywords:** stress drop, variation, relationship, magnitude, seismic moment, earthquake

**Введение.** Среди основных динамических параметров очага коровых землетрясений статическое сброшенное сейсмическое напряжение  $\Delta\sigma$ , или среднее сдвиговое напряжение по [1], является важной величиной, определяющее значение сейсмического момента  $M_0$ , энергии сейсмического излучения  $E_s$ , среднего смещения по разлому  $u$ , амплитуды сейсмических ускорений  $a_m$  и длительности сейсмических колебаний  $t_0$ . [1-8]. По [4-5] при введении моментной магнитуды  $M_w$  для оценки масштабов крупных землетрясений - величину  $M_0$ , необходимо было связать с  $E_s$ , высвобождающейся при землетрясении. При этом уменьшение энергии деформаций при землетрясении можно выразить как работу  $\Delta W$ :  $\Delta W = \sigma \cdot u \cdot S$  [где  $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_2)/2$ ,  $S$  – площадь разрыва,  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  - напряжения до и после

скольжения по разлому]. Поскольку  $M_0 = \mu \cdot u \cdot S$  ( $\mu$  – модуль сдвига), то совершенную работу можно выразить, как  $\Delta W = (\sigma/\mu) M_0$ . Если предположить, что напряжение после подвижки равно напряжению трения  $\sigma_f$  на поверхности разлома, т.е.  $\sigma_2 = \sigma_f$ , тогда последнее соотношение переходит к следующему [4, 6]:

$$\Delta W - \sigma_f \cdot u \cdot S = (\Delta\sigma / 2\mu) M_0. \quad (1)$$

Для больших землетрясений  $\Delta\sigma \approx 30$  бар и отношение  $\Delta\sigma / 2\mu$  стремится к значению  $5 \cdot 10^{-5}$ , откуда следует, что допустимое значение сейсмической энергии  $E_S$  будет порядка:  $E_{SK} = 5 \cdot 10^{-5} M_0$ . Учитывая это соотношение и классическую формулу Гутенберга - Рихтера ( $E_{GR}$  – сейсмическая энергия, Дж) на основе соотношения:

$$\lg E_{GR} = 1.5 M_S + 4.8, \quad (2)$$

Канамори предложил следующую шкалу моментной магнитуды  $M_W$  [4,6]:

$$M_W = (2/3) \lg M_0 - 6.07. \quad (3)$$

С учётом вышеизложенного и в связи с тем, что до последнего времени для коровых землетрясений земного шара и Тянь-Шаня вопросы колебаний  $\Delta\sigma$  во времени не рассматривались, то в данной работе впервые излагаются результаты анализа временных изменений этого параметра за 1976-2013 гг. по данным Global CMT Catalog для 2995 событий с  $M_W \geq 5.0$ .

## 1. Влияние $\lg \Delta\sigma$ на значения модернизированных магнитуд ( $m_{bm}$ , $M_{Lm}$ , $M_{Sm}$ ) и на сейсмический момент $M_0$ .

Нами в работах [9-11] было показано, что между магнитудами  $m_b = m_{bm}$ ,  $M_S = M_{Sm}$ ,  $M_L = M_{Lm}$ ,  $M_{Sm} = M_W$  и величинами  $\lg M_0 = A_0$  и  $\lg \Delta\sigma$  существуют следующие функциональные зависимости:

$$m_{bm} = 1/3 A_0 + 2/3 \lg \Delta\sigma - 4.80, \quad (4)$$

$$M_{Lm} = 0.5 A_0 + \frac{2}{3} \lg \Delta\sigma - 7.62, \quad (5)$$

$$M_{Sm} = 2/3 (A_0 + \lg \Delta\sigma) - 10.45, \quad (6)$$

$$K_{SK} = A_0 + \lg \Delta\sigma - 10.86, \quad (7)$$

где  $A_0 = \lg M_0$ ,  $M_0$  в Н · м;  $\Delta\sigma$  в Па,  $K_{SK} = \lg E_{SK}$ ;  $E_{SK} = (\Delta\sigma / 2\mu) \cdot M_0$ , Дж.

Для стандартных величин плотности  $\rho = 2830$  кг/м<sup>3</sup> и скорости поперечных упругих волн  $V_s = 3600$  м/с для стандартного равенства:  $E_{SK} = 5 \cdot 10^{-5} M_0$  и  $M_S = M_W$  в соответствии с (1) и (3)  $\lg \Delta\sigma = 6.56$  или 36.3 бар = 3.63 МПа. В соответствии с вышеизложенным при  $\lg \Delta\sigma = 6.56 = \text{const}$  соответствуют равенства:  $M_S = M_W = M_{Sm}$  и  $K_{SK} = \lg E_{GR} = K_{GR} = 4.8 + 1.5 M_W$ . Здесь же следует отметить, что точность расчётов  $\lg (\Delta\sigma)$  составляют  $\pm 0.3$  [1].

Вместе с тем анализ многочисленных данных в интервале  $10 \leq A_0 \leq 22$  показал, что с ростом сейсмического момента происходит нелинейное увеличение величины  $\Delta\sigma$ , а в ряде случаев для крупных землетрясений характерны высокие значения  $\Delta\sigma = 6.0-12$  МПа, в результате чего возникают новые соотношения между магнитудами и  $M_0$ , отличные от классических зависимостей [9-11].

## 2. Временные изменения $\lg (\Delta\sigma)$ для коровых землетрясений за 1976-2013 гг. при $M_W \geq 5.0$ .

Расчётные значения  $\lg (\Delta\sigma)$  по данным  $A_0$  и  $\lg(t_0)$  определялись по следующей формуле [11]:

$$\lg (\Delta\sigma) = A_0 - 3 \lg(t_0) - 9.74. \quad (8)$$

При анализе временных изменений величины  $\lg (\Delta\sigma)$  по данным Global CMT Catalog для коровых землетрясений земного шара было установлено, что в 1976 г. (со времени создания каталога) наблюдались высокие значения  $\lg (\Delta\sigma)$ , что подтверждается

корреляционной зависимостью  $\lg(t_0)$  от  $\mathcal{A}_0$  ( $N = 102$ ,  $r = 0.99$ ,  $\sigma = 0.10$ ;  $N$  – число событий,  $r$  – коэффициент корреляции,  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение):

$$\lg(t_0) = 0.33 \mathcal{A}_0 - 5.67. \quad (9)$$

На основе (8) – (9) зависимость  $\lg(\Delta\sigma)$  от  $\mathcal{A}_0$  для событий 1976 г. можно представить в следующем виде:

$$\lg \Delta\sigma = 7.27 + 0.01 \mathcal{A}_0, \quad (10)$$

по которым в рассматриваемом интервале  $17 \leq \mathcal{A}_0 \leq 21$  величина  $\lg(\Delta\sigma)$  колеблется в пределах 7.44 – 7.48, что намного выше стандартного  $\lg(\Delta\sigma) = 6.56$ . Начиная с 1977 г. и по июль 1992 г., произошло снижение величины  $\lg(\Delta\sigma)$  до стандартных значений. В качестве примера укажем, что по данным за 1977 г. для коровых землетрясений земного шара между параметрами  $\lg(t_0)$  и  $\mathcal{A}_0$  характерна следующая зависимость ( $N = 324$ ,  $r = 0.98$ ,  $\sigma = 0.09$ ):

$$\lg(t_0) = 0.31 \mathcal{A}_0 - 5.12, \quad (11)$$

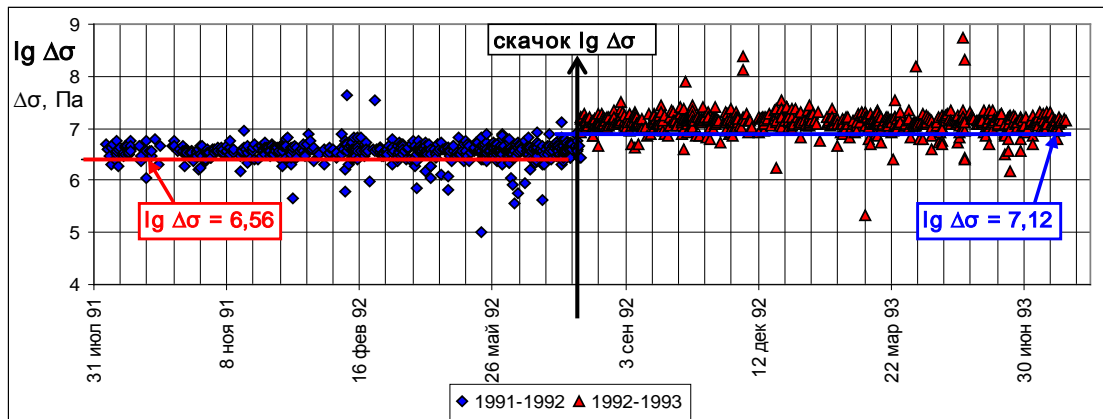
что позволяет по (8) оценить изменения  $\lg(\Delta\sigma)$  для землетрясений 1977 г.:

$$\lg(\Delta\sigma) = 5.62 + 0.07 \mathcal{A}_0. \quad (12)$$

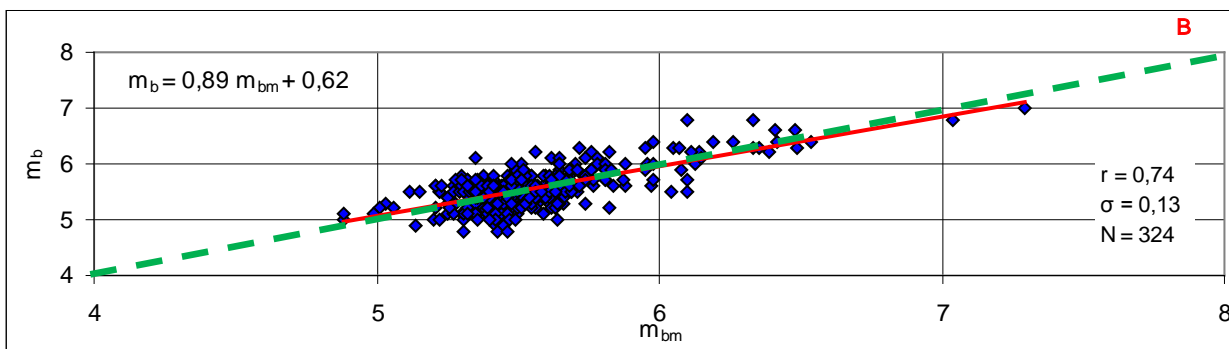
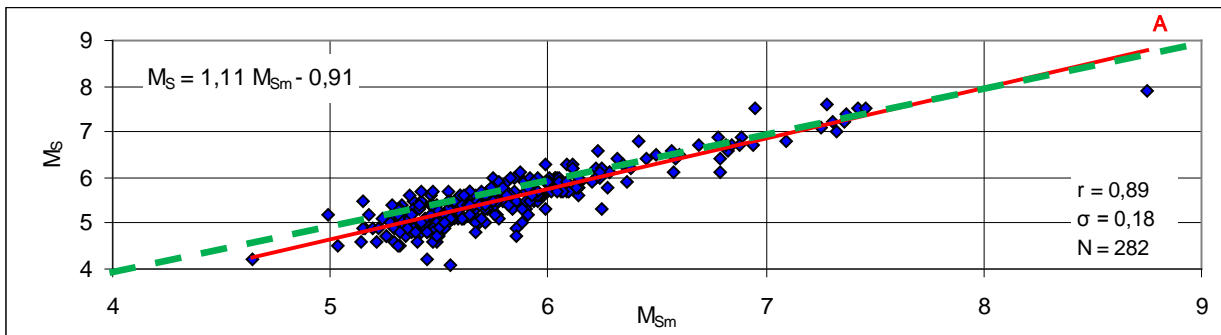
Для интервала  $17 \leq \mathcal{A}_0 \leq 21$  по (12) с ростом  $\mathcal{A}_0$  величина  $\lg(\Delta\sigma)$  возрастет от 6.81 до 7.09, т.е.  $\lg(\Delta\sigma)$  намного меньше, чем в 1976 г. ( $\lg(\Delta\sigma) = 7.44 - 7.48$ ). Следовательно, в соответствии с (4) – (7) в связи с колебаниями во времени величины  $\lg(\Delta\sigma)$  следует ожидать возникновение различных соотношений между магнитудами и сейсмическим моментом, выбранного в качестве опорной шкалы оценки масштабов коровых землетрясений.

На рисунке 1. показаны изменения  $\lg(\Delta\sigma)$  с 1 августа 1991 г. по 30 июля 1992 г. и с 1 августа 1992 г. по 30 июля 1993 г., для сопоставления которых были использованы данные 584 событий - в первом случае и данные 656 землетрясений земного шара – во втором случае. Из представленных данных чётко видно, что с 1 августа 1991 г. по июль 1992 значения  $\lg(\Delta\sigma)$  в среднем составляли 6.56, а в августе 1992 г. произошел резкий скачок величины сброшенного сейсмического напряжения до  $\lg(\Delta\sigma) = 7.12$  (132 бар, 13.2 МПа, рисунок 1), т.е.  $\Delta\sigma$  увеличилось от 3.56 до 13.2 МПа.

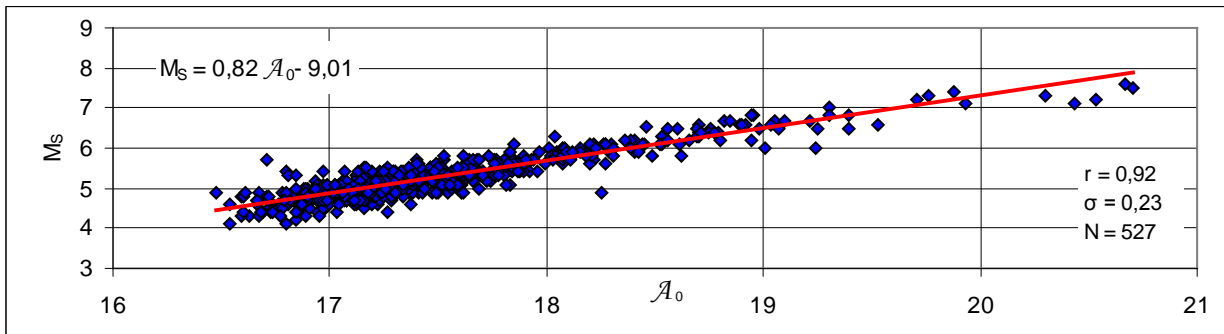
В таблице 1 приведены данные о динамических параметрах сильных землетрясений Тянь-Шаня за 1976-1979, 1984-1986, 1990-1994 и 2008-2013 гг. В этой же таблице приведены расчётные величины усовершенствованной магнитуды по объёмным волнам  $\hat{m}_b$  по Хьюстону - Канамори ( $\hat{m}_b = 2.70 + 0.53 M_w$ ), модернизированные магнитуды  $m_{bm}$  и  $M_{sm}$ , значения  $\lg(\Delta\sigma)$  и  $K_{SK}$  по (7) и инструментальные данные по  $m_b$ ,  $M_s$ ,  $M_w$  и энергетическому классу  $K_R$  (таблица 1).



**Рисунок 1.** Изменения  $\lg (\Delta\sigma)$  землетрясений земного шара с  $M_w \geq 5$  с 1 августа 1991 г. по 31 июля 1993 г. по данным Global CMT Catalogue.



**Рисунок 2.** А – зависимость магнитуды  $M_S$  от  $M_{Sm}$  для землетрясений земного шара за 1977 г. с  $M_w \geq 5.0$  при  $\lg (\Delta\sigma) \approx 6.56$ . В - зависимость магнитуды  $m_b$  от  $m_{bm}$  для землетрясений земного шара за 1977 г. с  $M_w \geq 5.0$ ; N – число данных, r - коэффициент корреляции;  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение.



**Рисунок 3.** Соотношение между магнитудой  $M_S$  и  $A_0 = \lg(M_0)$  для землетрясений земного шара за 1992 (август) – 1993 (июль),  $M_w \geq 5$  при  $\lg(\Delta\sigma) \approx 7.12$ .

По данным Global CMT Catalog на Тянь-Шане за 1976-1979 гг. произошли 26 землетрясений с магнитудой  $M_w$  от 5.2 до 6.7,  $K_R$  от 12.7 до 17.0 и  $\lg(\Delta\sigma)$  от 6.01 до 7.40 (таблица 1).

При этом, в 1976 г. произошли разрушительные Газлийские землетрясения (апрель-май 1976 г.) и одно землетрясение 28.07.1976 г. – в сегменте Гиссаро-Кокшаальского разлома. Эти сейсмодатасрофы характеризовались высокими величинами  $\lg(\Delta\sigma) = 7.16 - 7.40$  (144 – 251 бар), а с 1977 г. по 1979 г. произошло резкое уменьшение  $\lg(\Delta\sigma)$  от 6.01 до 6.82 (10.2 – 66 бар), что было характерно для глобальных изменений  $\lg(\Delta\sigma)$  (таблица 1). Здесь же следует подчеркнуть, что при Газлийском разрушительном землетрясении 17.05.1976 г. по [2] экстремальное значение амплитуды сейсмических ускорений  $a_m$  в вертикальном направлении в эпицентральной зоне составили  $16.80 \text{ м/с}^2$ , а среднее значение равно  $13.20 \text{ м/с}^2$ , что является максимальной величиной  $a_m$ , зарегистрированной на территории стран Центральной Азии.

В течение 1977 г. по 1991 г. величина  $\lg(\Delta\sigma)$  колебалась в пределах 6.44 – 6.72 и в качестве примера в таблице 1 приведены  $\lg(\Delta\sigma)$  за 1984 – 1986 гг. и 1990 – (июль) 1992 гг. (таблица 1). При этом, такие крупные землетрясения Тянь-Шаня, как Джаланаш-Тюпское 24.03.1978 г. ( $A_0 = 19.41$ ,  $M_w = 6.9$ ), Дараут-Курганское 01.11.1978 г. ( $A_0 = 18.98$ ,  $M_w = 6.6$ ) и Кызыл-Суйское 23.08.1985 г. ( $A_0 = 19.53$ ,  $M_w = 6.9$ ) характеризуется сравнительно низкими величинами  $\lg(\Delta\sigma) = 6.48 - 6.67$  (30.2 – 46.8 бар), чем события 1976 г.

Переход от средних к высоким величинам  $\lg(\Delta\sigma)$  в августе 1992 г. – в глобальном масштабе ознаменовался разрушительным Суусамырским землетрясением с  $M_w = 7.2$ ,  $A_0 = 19.89$  и  $\lg(\Delta\sigma) = 7.15$ . В последующие годы – 1993-2013 гг. за редким исключением землетрясения Тянь-Шаня характеризовались высокими величинами  $\lg(\Delta\sigma) = 7.10-7.30$  (126-200 бар). К примеру, разрушительное Нура-Алайское землетрясение 15.10. 2008 г. характеризуется  $\lg(\Delta\sigma) = 7.20$ , Сарыджазское (Нарынкольское) 28.01.2013 г.  $\lg(\Delta\sigma) = 7.20$  и т.д. (таблица 1).

Таким образом, в глобальном и региональных уровнях за 1976-2013 гг. произошли синхронные изменения величины сброшенного сейсмического напряжения, высокие значения которых сохраняются и в настоящее время на уровне 120-200 бар. Так как значение  $\Delta\sigma$  прямо пропорционально амплитуде сейсмических ускорений [3], то в периоды проявления землетрясений с высокими  $\lg(\Delta\sigma)$  следует ожидать максимальные величины  $a_m$ , что имеет важное практическое значение. К примеру, нами в работах [9-11] было доказано, что величина  $\Delta\sigma$  является аналогом амплитуды акустического давления  $p_a$ . При условии  $\Delta\sigma = p_a$  оценочная величина максимальной амплитуды сейсмических ускорений  $a_m$  равна:

$$a_m = (2\pi \cdot \Delta\sigma) / (\rho \cdot v_s \cdot T_0), \quad (13)$$

где  $\rho$  - плотность среды,  $\text{кг/м}^3$ ;  $T_0$  – период пиковых ускорений, с.

В логарифмическом масштабе при  $V_S = 3600$  м/с и  $\rho = 2830$  кг/м<sup>3</sup> для скальных грунтов выражение (13) можно представить в следующем виде:

$$\lg(a_m) = \lg(\Delta\sigma) - \lg(T_0) - 6.21. \quad (14)$$

Для рыхлых грунтов с  $\rho = 2000$  кг/м<sup>3</sup> и  $V_S = 1500$  м/с соотношение (13) можно записать:

$$\lg(a_m) = \lg(\Delta\sigma) - \lg(T_0) - 5.70. \quad (15)$$

Из выражений (13) – (15) следует важная роль  $\Delta\sigma$  для определения величины  $a_m$ , а также влияние  $V_S$  и  $\rho$  на амплитуду пиковых сейсмических ускорений. Выражения (13) – (15) могут быть усовершенствованы и уточнены с использованием эффективных величин акустического давления и с учётом эмпирических зависимостей величины  $a_m$  от магнитуды коровых землетрясений [3-4].

## 2. Влияние временных изменений $\Delta\sigma$ на зависимости магнитуд $m_b$ и $M_S$ от сейсмического момента.

С этой целью рассмотрены взаимосвязи инструментальных магнитуд  $m_b$  и  $M_S$  с расчётными  $m_{bm}$  и  $M_{Sm}$  для периодов стандартных и повышенных величин  $\Delta\sigma$ . Как уже было указано, в 1977 г. наблюдались значения  $\Delta\sigma$  близкие к стандартным и поэтому на рисунке 2 АВ представлены корреляционные зависимости  $M_S$  от  $M_{Sm}$  и  $m_b$  от  $m_{bm}$  (пунктирной линией показаны зависимости  $M_S = M_{Sm}$  и  $m_b = m_{bm}$ ). Из представленных данных следует, что для землетрясений земного шара 1977 г., у которых  $\lg(\Delta\sigma)$  близки к стандартному, расчётные  $M_{Sm}$  и  $m_{bm}$  хорошо совпадают с инструментальными, за небольшим исключением для  $M_S$  в интервале  $M_S = 4.7-5.5$ , где расчётные  $M_{Sm}$  на 5-10% превышают наблюдаемые  $M_S$  (рисунок 2):

$$M_S = 0.80 \mathcal{A}_0 - 8.76, \quad (16)$$

$$M_{Sm} = 0.71 \mathcal{A}_0 - 6.71. \quad (17)$$

Для оценки влияния повышенных величин  $\Delta\sigma$  на взаимосвязь  $M_S$  от  $M_{Sm}$  и  $\mathcal{A}_0$  рассмотрены данные за 1992 (август) – 1993 г. (июль, рисунки 3-4). Из рисунка 3 следует, что магнитуда  $M_S$  тесно взаимосвязана с величиной  $\mathcal{A}_0$  (при  $r = 0.92$ ), которую можно выразить следующей эмпирической формулой:

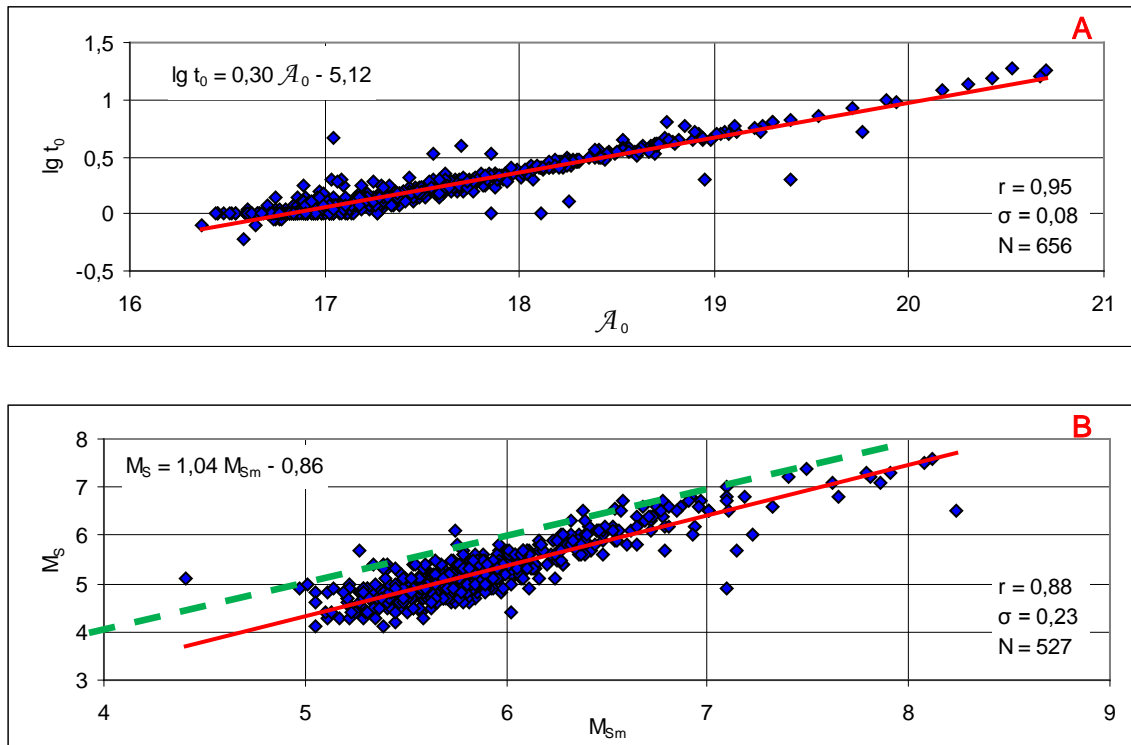
$$M_S = 0.82 \mathcal{A}_0 - 9.01. \quad (18)$$

Зависимость расчётных значений  $M_{Sm}$  от  $\mathcal{A}_0$  при  $\lg t_0 = 0.30$   $\mathcal{A}_0 - 5.12$  (рисунок 4А) можно представить в следующем виде ( $M_{Sm} = 1.33 \mathcal{A}_0 - 2 \lg t_0 - 16.95$ ):

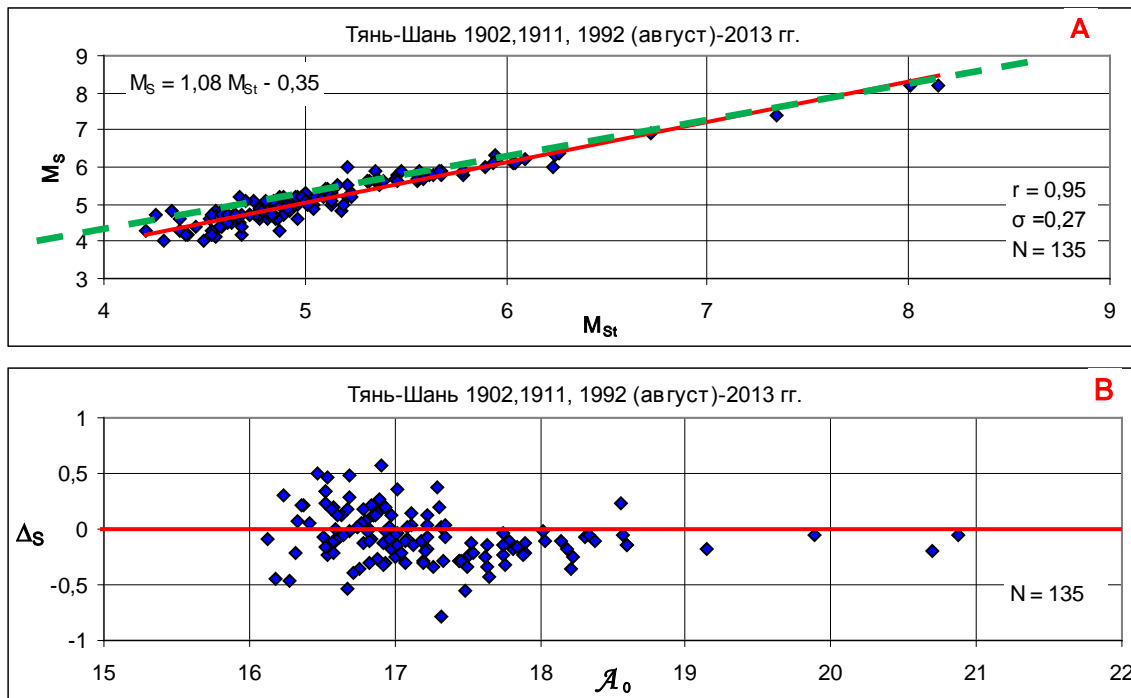
$$M_{Sm} = 0.73 \mathcal{A}_0 - 6.71. \quad (19)$$

Соотношение между  $M_S$  и  $M_{Sm}$  для рассматриваемых землетрясений показано на рисунке 4В, из которого чётко видно, что  $M_{Sm} > M_S$  в отличие от зависимости  $M_S$  от  $M_{Sm}$  для событий 1977 г. со стандартными величинами  $\lg(\Delta\sigma)$  (рисунок 2А), т.е. увеличение значений статического сброшенного сейсмического напряжения привело к росту  $M_{Sm}$  при  $\mathcal{A}_0 = \text{const}$  в соответствии с выражениями (6) и к изменению зависимости  $M_S$  от  $\mathcal{A}_0$ . Действительно, если вычтем параметр  $M_S$  по (16) из (18) то получим:  $\Delta = 0.02 \mathcal{A}_0 - 0.25$ , т.е. разность между  $M_S$  для землетрясений с высокими  $\Delta\sigma$  и  $M_S$  для событий со стандартными  $\Delta\sigma$  при  $\mathcal{A}_0 = \text{const}$  с ростом  $\mathcal{A}_0$  возрастает. К примеру, при  $\mathcal{A}_0 = 17$  разность  $\Delta$  составляет 0.09 и при  $\mathcal{A}_0 = 21$  значение  $\Delta = 0.17$ .

Таким образом, повышение  $\Delta\sigma$  для коровых землетрясений земного шара за (август) 1992 – июль 1993 г. привело к увеличению магнитуды  $M_S$  по сравнению с данными 1977 г. при равных величинах сейсмического момента.

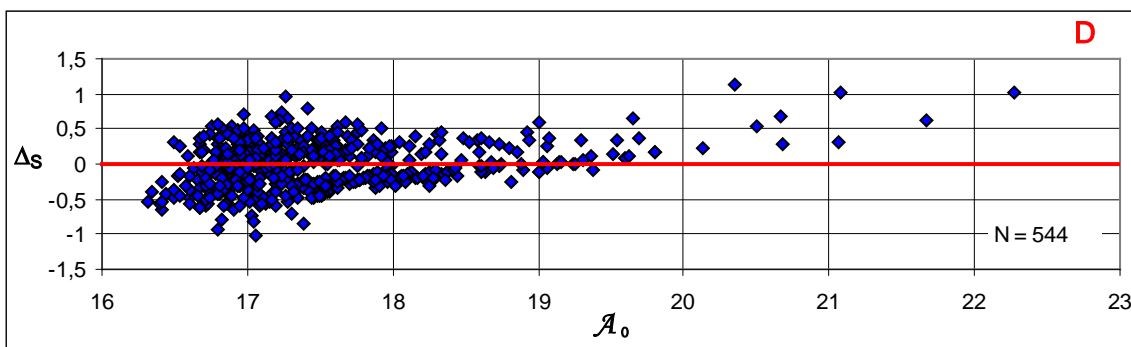
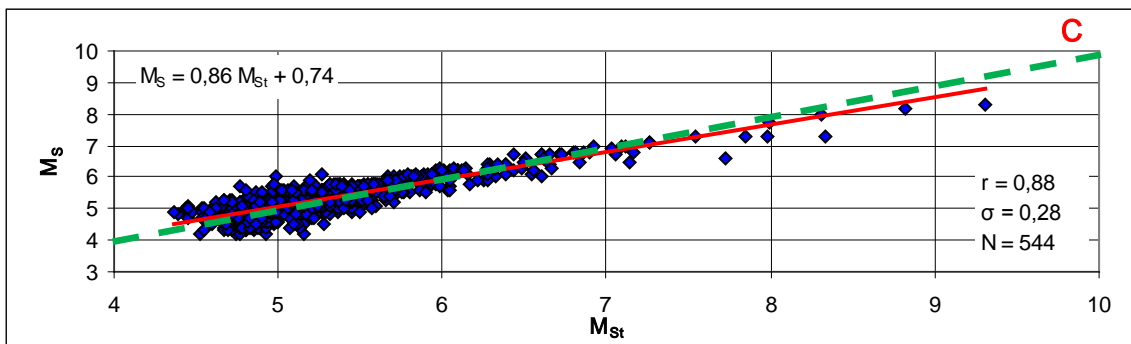
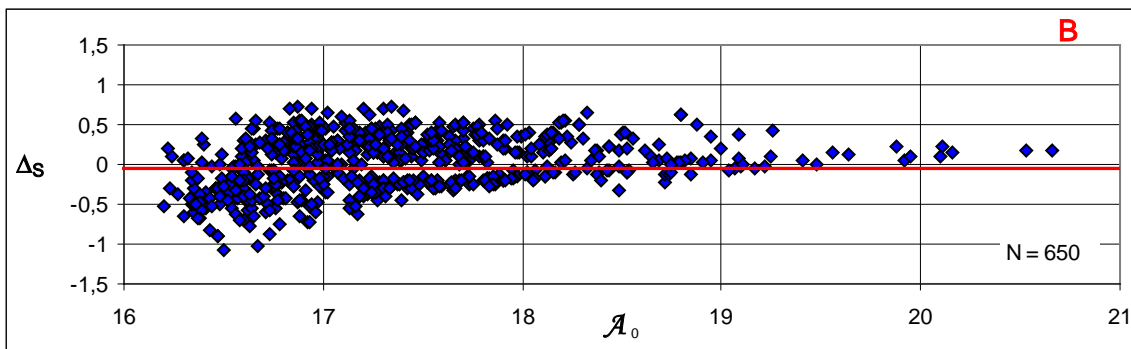
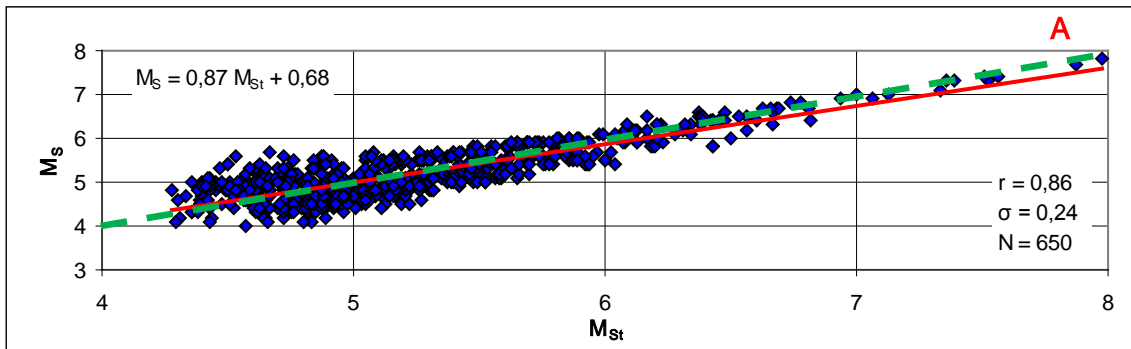


**Рисунок 4.** А – соотношения между  $\lg t_0$  и  $\lg M_0 = A_0$  для землетрясений земного шара за 1992-1993 гг. с  $M_W \geq 5.0$  при  $\lg(\Delta\sigma) \approx 7.12$ . В - соотношения между  $M_S$  и  $M_{Sm}$  для тех же землетрясений.



**Рисунок 5.** А – зависимость магнитуды  $M_S$  от  $M_{Sm}$  для сильных землетрясений Тянь-Шаня с  $\lg(\Delta\sigma) \geq 7.10$  за 1902, 1911 и 1992 (август) – 2013 гг. В – изменения  $\Delta S = M_{St} - M_S$  с ростом  $A_0$  для тех же землетрясений.





**Рисунок 6.** **А** – зависимость магнитуды  $M_S$  от  $M_{St}$  для землетрясений Центральной Америки за 1993-2013 гг. с  $M_w \geq 5$  и  $\lg(\Delta\sigma) \geq 7.10$ ; **В** – изменения  $\Delta S$  для тех же землетрясений с ростом  $A_0$ . **С** – зависимость магнитуды  $M_S$  от  $M_{St}$  для землетрясений Южной Америки за 1992 (август) - 2012 гг. с  $M_w \geq 5$  и  $\lg(\Delta\sigma) \geq 7.10$ ; **Д** – изменения  $\Delta S$  для тех же землетрясений с ростом  $A_0$ .



Разность  $M_{Sm} - M_S = \Delta_S$  данных за (август) 1992 г. – июль 1993 г. показала, что величина  $\Delta_S$  равна:

$$\Delta_S = M_{Sm} - M_S = 2.30 - 0.09 \mathcal{A}_0, \quad (20)$$

из которой следует, что с ростом  $\mathcal{A}_0$  от 16 до 21 разность между расчётной магнитудой  $M_{Sm}$  и наблюдаемой  $M_S$  уменьшается от 0.86 до 0.41. Если аналогичную разность  $M_{Sm} - M_S$  рассматривать по (16) - (17) для землетрясений 1977 г., то получим  $\Delta_S = 2.05 - 0.09 \mathcal{A}_0$  и в интервале  $\mathcal{A}_0 = 17-21$  разность  $\Delta_S$  будет уменьшаться от 0.52 до 0.16, что намного меньше  $\Delta_S$  по (20).

Анализ данных по  $M_{Sm}$ ,  $M_S$  и  $\Delta_S$  для землетрясений, с повышенными значениями  $\lg(\Delta\sigma) = 7.10 - 7.30$ , показал, что минимальные отклонения от наблюдаемых  $M_S$  возможны при использовании нового периода  $t_M$  ( $t_M > t_0$ ), равного:

$$\lg t_M = 0.25 \mathcal{A}_0 - 3.88, \quad (21)$$

Это соотношение практически совпадает с эмпирическим выражением, характерного для землетрясений Южной Калифорнии за 1933-1971 гг.:

$$\lg t_0 = 0.25 \mathcal{A}_0 - 3.90. \quad (22)$$

На основе (21) и замена  $t_0$  на  $t_M$  в соотношении  $M_{Sm} = 1.33 \mathcal{A}_0 - 2 \lg(t_0) - 16.95$  [9-11] приводит к формуле:

$$M_{St} = M_S = 0.83 \mathcal{A}_0 - 9.17, \quad (23)$$

где  $M_{St}$  - расчётное значение магнитуды  $M_{Sm}$  для землетрясений с  $\lg(\Delta\sigma) = 7.10 - 7.30$ .

На основе формулы (23) для землетрясений Тянь-Шаня (1902 г., 1911г., 1992-2013гг.), Центральной Америки ( $\varphi = 0^\circ + 20^\circ$ ,  $\lambda = -95^\circ - 75^\circ$ , 1993-2013 гг.) и Южной Америки ( $\varphi = -40^\circ - 0^\circ$ ,  $\lambda = -85^\circ - 65^\circ$ , 1992-2013 гг.), для которых  $\lg(\Delta\sigma) = 7.10 - 7.30$ , на рисунках 5-6 приведены соотношения между  $M_S$  и  $M_{St}$ , а также изменения отклонений (ошибок)  $\Delta_S = M_{St} - M_S$  с ростом  $\mathcal{A}_0$  (рисунки 5-6). Из представленных многочисленных данных следует, что формула (23), отражающая изменения связи  $M_S$  и  $\mathcal{A}_0$  для высоких значений  $\Delta\sigma$ , удовлетворительно описывает увеличение магнитуды  $M_{St} = M_S$  с ростом  $\mathcal{A}_0$  для крупных трёх сейсмоактивных регионов. По величине  $\Delta_S$  точность определения  $M_S$  по (23) составляет  $\pm 0.5$  (рисунки 4-5).

При этом для крупных землетрясений с  $\mathcal{A}_0 \geq 19.0$  магнитуда  $M_{St} > M_W$ , что вызвано воздействием высоких величин сброшенного сейсмического напряжения на амплитуды объёмных и поверхностных волн.

### Выводы

1. По глобальным и региональным данным впервые установлено, что в сейсмическом режиме величина сброшенного сейсмического напряжения за 1976-2013 гг. периодически изменяется: в 1976 г. коровые землетрясения характеризовались высокими значениями  $\Delta\sigma$  от 100 до 200 бар; с 1977 г. по июль 1992 г. (15.6 лет) наблюдались стандартные  $\Delta\sigma \approx 36$  бар; с августа 1992 г. по настоящее время отмечаются повышенные значения  $\Delta\sigma$ .
2. Для землетрясений земного шара со стандартными величинами  $\Delta\sigma$  с  $M_W \geq 5.0$  модернизированные магнитуды  $m_{bm}$  и  $M_{Sm}$  удовлетворительно совпадают с наблюдаемыми  $m_b$  и  $M_S$ .
3. Изменения в сейсмическом режиме земного шара и крупных сейсмоактивных регионов, связанные с ростом  $\Delta\sigma$ , приводят к возникновению новых количественных соотношений между магнитудами и сейсмическим моментом, которое можно выразить обобщёнными

формулами на основе управляющих параметров в системе магнитуда- сейсмический момент.

*Статья написана при поддержке гранта по проекту МНТЦ КР -2011.*

### Литература

1. Ризниченко Ю.В. Проблема величины землетрясений /Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т.1. Москва: МСССС, 1974, с. 43-78.
2. Грайзер В.М. «Истинное» движение почвы в эпицентральной зоне. Москва: ИФЗ АН СССР, 1984, с.197.
3. Гусев А.А. Модель очага землетрясения со множеством неровностей // Вулканология и сейсмология, 1988, т.1, с. 41-45.
4. Касахара К. Механика землетрясений. Москва: Мир, 1985, с. 264.
5. Anderson J. G. Seismic energy and stress- drop parameters for a composite source model // Bull. Seismol. Soc. Am., 1997, 87, 1, p. 85-96.
6. Kanamori H. The energy released in great earthquakes.// J. Geophys. Res., 1977,82, p. 2981-2987.
7. Teisseyre R., Majewski E. Physics of earthquakes./Inter. Nat. Handbook of Earthquake and Engineering seismology, p. A. Academic Press, 2002, p. 229-236.
8. Ruff L.J. State of stress within the Earth. /Inter. Nat. Handbook of Earthquake and Engineering seismology, p. A. Academic Press, 2002, p. 539-558.
9. Мамыров Э. Особенности сейсмогеодинамики Тянь-Шаня. /Очерки рельефа и морфотектоники Тянь-Шаня. Новосибирск: ГЕО, 2009, с. 91-118.
10. Мамыров Е. Control parameters of magnitude- seismic moment correlation for the crustal earthquakes// Open Journal of Earthquake Res., 2013, v.2 № 3, p. 60-74.
11. Мамыров Э. Управляющие параметры соотношений магнитуда- сейсмическая энергия – сейсмический момент коровых землетрясений. Бишкек: Илим, 2014,с. 97.

*Рецензент: д. ф.м. н. В.Н. Погребной.*

Таблица 1  
**Каталог сильных землетрясений Тянь-Шаня по данным Global CMT Catalog за 1976-1979, 1984-1986, 1990-1994, 2008-2013 гг. ( $\phi = 38^\circ - 46^\circ$   $\lambda = 63^\circ - 96^\circ$ )**

№ п/п	Дата	Время	$\phi$	$\lambda$	Глубина h, км	$M_0$ , $H_M$	$\log_{10} \sigma_c$	$m_b$	$m_{bm}$	$M_s$	$M_w$	$M_{sm}$	$\lg \Delta \sigma$ $\Delta \sigma$ , Па	$\log_{10} \frac{E_{sk}}{E_{sk}}$	Энергет. класс К <sub>Р</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1976/04/08	2:40:33.4	40.41	63.65	15.0	19.06	0.71	6.5	6.20	6.34	7.0	6.6	7.04	7.19	15.36	16.0
2	1976/04/08	2:59:8.3	41.48	63.54	42.9	18.25	0.45	6.2	5.93	6.05	6.3	6.1	6.48	7.16	14.52	14.9
3	1976/05/17	2:58:48.9	40.42	63.46	15.0	19.15	0.74	6.3	6.25	6.37	7.0	6.7	7.10	7.19	15.45	17.0
4	1976/07/28	18:24:34.1	39.27	71.67	34.2	17.98	0.28	5.1	5.83	6.12	6.1	5.9	6.46	7.40	14.49	13.0
5	1977/01/01	21:39:46.0	38.22	90.67	10.0	18.15	0.60	5.9	5.88	5.65	6.3	6.0	6.05	6.61	13.87	14.9
6	1977/01/31	14:26:19.4	39.85	69.79	10.0	18.08	0.58	6.1	5.88	5.62	5.9	6.0	6.00	6.60	13.80	15.5
7	1977/06/03	1:5:26.4	39.62	70.92	24.0	17.01	0.20	5.1	5.51	5.31	5.0	5.3	5.33	6.67	12.79	14.2
8	1977/07/14	5:49:4.9	40.12	63.28	15.0	17.09	0.25	5.5	5.51	5.29	5.4	5.3	5.34	6.60	12.80	14.0
9	1977/07/23	6:57:8.9	42.20	83.59	33.0	17.20	0.23	5.1	5.56	5.44	5.1	5.4	5.52	6.77	13.08	12.7
10	1977/07/29	9:14:16.7	38.54	75.45	131.7	16.84	0.15	5.2	5.46	5.24	5.0	5.2	5.20	6.65	12.60	13.0
11	1977/12/18	16:47:21.5	39.92	77.44	15.0	17.94	0.50	5.3	5.83	5.64	5.8	5.9	5.97	6.70	13.75	14.9
12	1978/03/12	8:29:26.4	41.92	79.97	15.0	17.16	0.36	5.3	5.56	5.14	5.1	5.4	5.21	6.34	12.61	13.9
13	1978/03/24	21:5:55.8	42.37	78.69	34.7	19.41	1.00	6.2	6.36	6.11	7.1	6.9	6.93	6.67	15.19	15.6
14	1978/04/14	6:11:34.4	41.50	75.45	33.0	16.62	0.11	5.1	6.35	5.10	4.9	5.0	4.99	6.65	12.28	13.0
15	1978/04/22	15:4:25.1	42.26	86.54	15.0	17.00	0.20	5.3	5.51	5.30	5.1	5.3	5.32	6.66	12.77	13.2
16	1978/06/04	19:30:19.0	40.48	63.13	10.0	17.46	0.30	6.0	5.67	5.56	5.1	5.6	5.73	6.82	13.39	15.0
17	1978/10/08	14:20:8.7	39.48	74.29	10.0	18.02	0.57	5.8	5.83	5.58	6.0	5.9	5.94	6.57	13.70	14.6
18	1978/11/01	19:48:38.3	39.34	72.16	15.0	18.98	0.92	6.2	6.20	5.84	6.8	6.6	6.52	6.48	14.57	16.2
19	1978/11/02	6:24:15.1	39.17	71.73	15.0	17.39	0.30	5.3	5.61	5.49	5.2	5.5	5.64	6.75	13.25	14.0
20	1978/11/02	11:15:43.4	39.90	72.72	15.0	17.08	0.20	5.4	5.51	5.38	5.2	5.3	5.42	6.74	12.93	14.0
21	1978/11/08	0:57:48.4	39.39	72.20	10.0	16.95	0.40	5.5	5.46	4.85	5.0	5.2	4.85	6.01	12.03	14.0
22	1979/03/29	2:1:35.4	41.93	83.69	15.0	17.48	0.40	5.9	5.67	5.68	5.5	5.6	5.56	6.54	13.13	13.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
23	1979/04/06	18:30:11.0	41.92	77.74	19.0	17.09	0.30	5.2	5.51	5.19	4.9	5.3	5.24	6.15	12.65	13.5
24	1979/04/17	17:2:6.1	39.28	74.29	97.3	16.89	0.15	5.1	5.46	5.29	5.2	5.2	5.27	6.70	12.70	13.2
25	1979/09/25	13:5:57.8	44.87	76.81	40.0	17.58	0.45	5.9	5.72	5.38	5.5	5.7	5.59	6.49	13.18	14.0
26	1979/12/02	1:37:15.8	38.55	90.09	12.0	17.28	0.32	5.2	5.61	5.34	5.1	5.5	5.45	6.58	12.97	13.7
27	1984/02/15	21:57:5.2	40.49	70.44	15.0	16.83	0.48	5.1	5.46	5.17	4.7	5.2	5.13	6.55	12.49	12.8
28	1984/02/17	23:26:58.5	41.13	70.84	12.0	17.32	0.34	5.4	5.61	5.34	5.2	5.5	5.46	6.56	13.00	14.1
29	1984/02/23	15:22:49.6	39.91	67.43	15.0	16.64	0.15	5.3	5.35	5.04	3.9	5.0	4.94	6.45	12.20	13.4
30	1984/03/19	20:28:48.0	40.59	63.24	15.0	19.54	1.04	6.5	6.41	6.16	7.0	7.0	7.02	6.68	15.33	17.0
31	1984/08/14	11:45:52.9	40.44	63.40	15.0	16.79	0.18	5.3	5.40	5.13	4.6	5.1	5.08	6.54	12.41	13.0
32	1984/10/26	20:22:24.0	38.99	71.03	12.0	18.27	0.64	6.0	5.93	5.69	6.1	6.1	6.13	6.61	14.00	14.8
33	1985/04/27	1:31:31.9	38.35	72.96	117.2	17.42	0.32	5.6	5.61	5.48	5.7	5.5	5.64	6.72	13.25	14.2
34	1985/08/23	8:33:4.4	39.31	76.46	15.0	16.62	0.15	5.0	5.35	5.02	4.7	5.0	4.91	6.43	12.16	12.6
35	1985/08/23	12:42:12.9	39.54	75.09	15.4	19.53	1.04	6.4	6.36	6.15	7.6	6.9	7.01	6.67	15.31	16.5
36	1985/08/29	23:39:55.2	39.25	75.14	10.0	16.88	0.15	5.1	5.46	5.28	4.3	5.2	5.26	6.69	12.68	12.9
37	1985/09/11	20:46:0.7	39.50	75.32	10.0	18.26	0.67	5.8	5.93	5.62	6.6	6.1	6.06	6.51	13.88	14.8
38	1985/10/13	15:59:56.5	40.22	69.20	10.0	17.75	0.48	5.8	5.77	5.49	5.9	5.8	5.76	6.57	13.43	14.3
39	1986/04/25	16:12:35.2	39.83	77.07	15.0	17.21	0.25	5.2	5.56	5.41	4.9	5.4	5.50	6.72	13.04	13.2
40	1990/04/17	1:59:35.1	39.29	74.78	15.0	18.07	0.58	5.9	5.88	5.61	6.1	6.0	5.98	6.59	13.77	14.8
41	1990/05/17	13:21:12.2	38.12	74.58	115.7	17.67	0.45	5.4	5.72	5.47	5.5	5.7	5.71	6.58	13.36	13.7
42	1990/10/24	23:38:15.2	43.79	83.99	15.0	16.84	0.18	5.4	5.46	5.18	4.7	5.2	5.14	6.56	12.54	13.6
43	1990/11/03	16:39:58.5	39.15	71.01	15.0	17.17	0.25	5.5	5.56	5.37	5.0	5.4	5.44	6.68	12.96	13.8
44	1990/11/12	12:28:58.6	43.18	78.24	15.0	18.52	0.78	5.9	6.04	5.66	6.3	6.3	6.18	6.44	14.07	15.3
45	1990/12/01	18:9:31.6	40.62	73.41	32.0	16.92	0.18	5.0	5.46	5.26	4.6	5.2	5.25	6.64	12.67	12.5
46	1990/12/20	7:3:11.7	38.03	70.48	76.9	17.46	0.40	5.5	5.67	5.36	5.0	5.6	5.53	6.52	13.09	13.0
47	1991/02/25	14:30:34.6	40.34	79.20	15.0	18.12	0.57	5.5	5.88	5.68	6.1	6.0	6.07	6.67	13.90	14.6
48	1991/04/26	22:24:4.4	38.87	70.35	33.0	16.90	0.18	5.4	5.46	5.24	4.9	5.2	5.22	6.62	12.63	13.3
49	1992/08/19	2:4:45.8	42.19	73.32	17.0	19.89	1.00	6.8	6.52	6.59	7.4	7.2	7.57	7.15	16.15	17.0
50	1992/11/06	7:21:58.7	41.20	72.58	18.7	16.54	0.0	5.1	5.35	5.24	4.1	5.0	5.10	6.80	12.45	12.7
51	1992/11/23	23:11:7.9	38.70	72.38	43.6	17.49	0.20	5.6	5.67	5.79	5.9	5.6	5.97	7.15	13.75	13.8
52	1992/12/24	5:9:47.2	42.45	72.23	26.1	17.12	0.04	5.2	5.51	5.74	5.0	5.3	5.80	7.26	13.49	13.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
53	1993/10/02	8:42:38.8	38.16	88.82	15.0	18.21	0.41	6.2	5.93	6.09	6.3	6.1	6.51	7.24	14.56	14.9
54	1993/11/30	20:37:26.6	39.73	76.50	19.0	17.45	0.32	5.2	5.67	5.51	5.6	5.6	5.68	6.75	13.31	13.2
55	1993/12/30	14:24:10.2	44.95	78.76	21.0	17.27	0.15	5.8	5.56	5.67		5.4	5.78	7.08	13.46	15.0
56	1994/01/12	10:22:57.6	39.15	76.53	32.0	17.32	0.08	5.3	5.61	5.86	5.2	5.5	5.98	7.24	13.77	13.3
57	1994/05/01	21:17:23.9	39.12	71.63	33.0	16.83	0.0	5.1	5.46	5.53	4.8	5.2	5.49	7.09	13.0	13.03
58	1994/05/09	9:14:12.5	40.25	79.02	33.0	16.59	0.0	4.8	5.35	5.29	4.7	5.0	5.17	6.85	12.55	12.6
59	1994/08/23	14:18:37.4	40.37	79.37	15.0	16.96	0.0	4.8	5.46	5.66	5.0	5.2	5.66	7.22	13.29	13.0
60	1994/09/07	13:56:24.3	38.42	90.19	33.0	16.89	0.23	5.1	5.46	5.13	4.6	5.2	5.11	6.46	12.46	12.6
61	2008/01/01	6:32:32.7	40.34	72.90	19.5	17.46	0.18	5.8	5.67	5.80	5.6	5.6	5.97	7.18	13.75	13.2
62	2008/04/10	7:17:21.5	39.48	75.05	12.7	16.62	-0.10	4.9	5.35	5.52	4.8	5.0	5.41	7.18	12.91	12.2
63	2008/04/20	13:14:50.0	45.97	82.73	21.9	16.52	-0.16	4.8	5.30	5.54	4.3	4.9	5.40	7.26	12.89	12.5
64	2008/07/08	16:8:31.3	39.47	72.89	12.0	16.62	-0.10	5.2	5.35	5.52	4.7	5.0	5.41	7.18	12.91	12.9
65	2008/08/01	1:29:30.7	41.52	71.21	17.6	16.30	-0.22	4.8	5.24	5.44	4.8	4.8	5.22	7.22	12.63	12.2
66	2008/08/30	12:46:49.7	42.79	83.96	12.8	17.06	0.04	5.2	5.51	5.66	5.1	5.3	5.72	7.20	13.37	13.0
67	2008/09/20	2:54:38.6	38.30	73.23	146.4	16.99	0.0	5.4	5.51	5.69	5.3	5.3	5.70	7.25	13.35	12.5
68	2008/10/05	15:53:1.1	39.50	73.64	12.0	19.15	0.73	6.4	6.25	6.39	6.9	6.7	7.12	7.22	15.48	16.0
69	2008/10/13	9:23:34.5	39.54	73.88	21.1	16.74	-0.05	5.0	5.40	5.54	4.7	5.1	5.47	7.10	13.00	13.3
70	2008/10/13	16:5:25.0	39.50	73.69	12.0	16.87	-0.05	5.2	5.46	5.67	4.7	5.2	5.64	7.23	13.26	12.7
71	2008/10/13	17:16:14.4	38.80	70.10	22.3	16.96	0.0	5.3	5.46	5.66	4.9	5.2	5.66	7.22	13.29	13.2
72	2008/10/23	5:50:47.1	39.52	73.73	20.0	16.38	-0.22	4.8	5.30	5.52	4.6	4.9	5.33	7.30	12.80	12.4
73	2008/11/06	14:23:50.2	39.61	73.98	15.7	16.52	-0.16	4.8	5.30	5.54	4.2	4.9	5.40	7.26	12.89	11.9
74	2009/01/25	1:47:50.8	43.41	80.92	27.8	16.69	-0.10	5.3	5.40	5.59	5.0	5.1	5.50	7.25	13.05	12.8
75	2009/01/25	21:16:24.4	38.67	72.04	29.4	16.52	-0.16	4.8	5.35	5.54	4.5	5.0	5.40	7.26	12.89	12.4
76	2009/02/20	10:2:32.1	40.74	78.63	16.6	16.97	0.0	5.5	5.51	5.67	5.2	5.3	5.68	7.23	13.31	13.4
77	2009/03/03	14:22:15.9	38.39	71.38	19.7	16.80	-0.05	5.0	5.40	5.60	5.0	5.1	5.55	7.16	13.12	12.8
78	2009/04/19	4:8:20.2	41.29	78.32	25.9	17.15	0.08	5.3	5.56	5.69	5.4	5.4	5.75	7.17	13.43	13.4
79	2009/04/22	9:26:6.0	40.21	77.27	15.9	16.67	-0.10	4.9	5.35	5.57	5.0	5.0	5.48	7.23	13.01	12.5
80	2009/04/26	23:54:15.8	41.06	72.62	36.2	16.49	-0.16	5.3	5.30	5.51	4.8	4.9	5.35	7.23	12.83	13.0
81	2009/04/27	20:4:15.7	42.90	72.35	19.9	16.65	-0.10	5.3	5.35	5.55	4.7	5.0	5.45	7.21	12.97	12.9
82	2009/04/29	18:53:11.8	41.62	71.26	19.7	16.26	-0.22	5.1	5.24	5.40	4.6	4.8	5.17	7.18	12.55	11.7
83	2009/05/10	17:34:11.0	38.43	67.72	24.0	16.56	-0.16	5.4	5.35	5.58	4.8	5.0	5.45	7.30	12.97	12.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
84	2009/06/13	17:17:40.6	44.77	78.83	12.4	17.20	0.08	<b>5.8</b>	5.56	5.74	<b>5.4</b>	<b>5.4</b>	5.82	<b>7.22</b>	13.53	<b>14.0</b>
85	2009/07/01	0:29:26.9	39.66	73.47	18.6	16.83	-0.05	<b>5.0</b>	5.46	5.63	<b>4.8</b>	<b>5.2</b>	5.59	<b>7.19</b>	13.18	<b>13.1</b>
86	2009/08/26	7:26:42.0	39.09	70.50	22.4	16.38	-0.22	<b>4.8</b>	5.30	5.52	<b>4.7</b>	<b>4.9</b>	5.33	<b>7.18</b>	12.80	<b>12.4</b>
87	2009/10/13	12:47:20.4	38.76	70.71	19.6	16.63	-0.10	<b>5.0</b>	5.35	5.53	<b>4.9</b>	<b>5.0</b>	5.42	<b>7.19.</b>	12.93	<b>12.6</b>
88	2009/10/16	2:56:39.7	39.90	77.03	18.8	16.61	-0.10	<b>4.6</b>	5.35	5.51	<b>4.5</b>	<b>5.0</b>	5.40	<b>7.17</b>	12.89	<b>12.6</b>
89	2010/01/02	2:15:11.0	38.40	71.41	14.2	17.23	0.11	<b>5.4</b>	5.56	5.71	<b>5.1</b>	<b>5.4</b>	5.80	<b>7.16</b>	13.50	<b>13.2</b>
90	2010/03/02	1:55:40.5	42.54	75.74	25.5	16.70	-0.10	<b>5.1</b>	5.40	5.60	<b>4.5</b>	<b>5.1</b>	5.51	<b>7.26</b>	13.07	<b>12.8</b>
91	2010/06/10	6:38:9.1	39.75	74.93	41.5	16.88	-0.05	<b>5.5</b>	5.46	5.68	<b>5.1</b>	<b>5.2</b>	5.65	<b>7.29</b>	13.28	<b>12.7</b>
92	2010/08/03	16:26:25.5	38.52	69.45	12.0	16.83	-0.05	<b>5.4</b>	5.46	5.63	<b>4.9</b>	<b>5.2</b>	5.59	<b>7.24</b>	13.18	<b>13.1</b>
93	2010/09/07	15:41:41.6	39.58	73.98	21.2	17.21	0.08	<b>5.5</b>	5.56	5.75	<b>5.3</b>	<b>5.4</b>	5.53	<b>7.23</b>	13.55	<b>13.7</b>
94	2010/11/25	9:27:36.6	38.47	72.91	118.4	16.65	-0.10	<b>5.0</b>	5.35	5.55	<b>3.7</b>	<b>5.0</b>	5.45	<b>7.21</b>	12.97	<b>12.2</b>
95	2010/12/08	8:21:35.8	39.41	72.77	20.7	17.33	0.15	<b>5.2</b>	5.61	5.73	<b>5.5</b>	<b>5.5</b>	5.85	<b>7.14</b>	13.58	<b>12.7</b>
96	2011/01/01	1:56:7.8	39.44	75.16	12.0	16.49	-0.16	<b>5.1</b>	5.30	5.51	<b>4.9</b>	<b>4.9</b>	5.36	<b>7.23</b>	12.83	<b>12.3</b>
97	2011/01/24	2:45:34.5	38.50	72.78	119.2	18.19	0.41	<b>6.0</b>	5.93	6.07	<b>6.1</b>	<b>6.1</b>	6.48	<b>7.22</b>	14.52	<b>14.1</b>
98	2011/02/23	17:10:38.8	45.97	94.02	31.4	16.63	-0.10	<b>4.8</b>	5.35	5.53	<b>5.1</b>	<b>5.0</b>	5.42	<b>7.19</b>	12.93	<b>13.3</b>
99	2011/03/17	15:34:33.8	40.39	78.90	16.5	16.46	-0.16	<b>5.0</b>	5.30	5.48	<b>4.9</b>	<b>4.9</b>	5.32	<b>7.20</b>	12.77	<b>12.1</b>
100	2011/05/01	2:31:31.9	43.72	77.73	24.6	16.81	-0.05	<b>5.3</b>	5.40	5.61	<b>4.8</b>	<b>5.1</b>	5.56	<b>7.22</b>	13.14	<b>13.3</b>
101	2011/06/08	1:53:27.7	43.03	88.28	24.3	16.70	-0.10	<b>5.3</b>	5.40	5.60	<b>5.1</b>	<b>5.1</b>	5.52	<b>7.26</b>	13.07	<b>13.2</b>
102	2011/07/19	19:35:48.5	40.28	71.36	28.8	18.33	0.46	<b>6.1</b>	6.00	6.11	<b>6.1</b>	<b>6.2</b>	6.57	<b>7.21</b>	14.65	<b>14.5</b>
103	2011/08/11	10:6:32.8	39.86	77.22	12.0	17.50	0.18	<b>5.3</b>	5.67	5.84	<b>5.7</b>	<b>5.6</b>	6.02	<b>7.22</b>	13.83	<b>12.8</b>
104	2011/09/08	19:46:50.4	39.00	70.45	41.0	16.41	-0.16	<b>5.0</b>	5.30.	5.43	<b>4.6</b>	<b>4.9</b>	5.25	<b>7.15</b>	12.67	<b>12.55</b>
105	2012/01/08	6:20:6.6	42.13	87.52	23.4	16.46	-0.16	<b>5.0</b>	5.30	5.48	<b>4.9</b>	<b>4.9</b>	5.32	<b>7.20</b>	12.77	<b>12.5</b>
106	2012/02/05	7:10:20.4	41.59	74.76	30.6	16.40	-0.16	<b>5.2</b>	5.30	5.42	<b>4.9</b>	<b>4.9</b>	5.24	<b>7.14</b>	12.65	<b>12.2</b>
107	2012/02/09	18:57:3.3	44.99	93.12	19.3	16.65	-0.10	<b>5.1</b>	5.35	5.55	<b>5.3</b>	<b>5.0</b>	5.45	<b>7.21</b>	12.97	<b>13.2</b>
108	2012/03/02	13:40:10.0	39.72	74.41	22.7	16.46	-0.16	<b>5.0</b>	5.30	5.48	<b>5.0</b>	<b>4.9</b>	5.32	<b>7.20</b>	12.77	<b>12.5</b>
109	2012/03/08	22:50:11.1	39.49	81.47	44.4	17.88	0.32	<b>5.8</b>	5.83	5.94	<b>5.9</b>	<b>5.9</b>	6.25	<b>7.18</b>	14.17	<b>13.6</b>
110	2012/05/12	1:34:45.7	38.41	89.46	24.4	16.29	-0.22	<b>4.8</b>	5.24	5.43	<b>4.9</b>	<b>4.8</b>	5.21	<b>7.21</b>	12.61	<b>12.6</b>
111	2012/05/12	23:28:44.8	38.69	70.21	21.5	17.65	0.23	<b>6.0</b>	5.72	5.89	<b>5.9</b>	<b>5.7</b>	6.12	<b>7.22</b>	13.98	<b>14.0</b>
112	2012/05/30	21:20:58.7	43.58	78.78	27.0	17.19	0.08	<b>5.7</b>	5.56	5.73	<b>5.4</b>	<b>5.4</b>	5.81	<b>7.21</b>	13.51	<b>14.1</b>
113	2012/06/01	12:32:25.8	39.82	75.32	34.6	16.68	-0.10	<b>5.3</b>	5.40	5.58	<b>5.2</b>	<b>5.1</b>	5.49	<b>7.24</b>	13.03	<b>12.7</b>
114	2012/06/14	21:51:29.0	42.21	84.21	26.9	17.01	0.04	<b>5.4</b>	5.51	5.63	<b>5.2</b>	<b>5.3</b>	5.65	<b>7.15</b>	13.27	<b>13.3</b>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
115	2012/06/29	21:7:35.5	43.42	84.72	27.6	18.59	0.56	<b>6.2</b>	6.04	6.17	<b>6.4</b>	<b>6.3</b>	6.72	<b>7.17</b>	14.89	<b>15.1</b>
116	2012/07/26	1:6:34.2	38.27	73.93	158.2	17.05	0.04	<b>5.4</b>	5.51	5.67	<b>5.2</b>	<b>5.3</b>	5.70	<b>7.19</b>	13.35	<b>12.4</b>
117	2012/08/01	9:52:20.8	39.63	75.56	29.3	16.61	-0.10	<b>5.0</b>	5.35	5.51	<b>5.0</b>	<b>5.0</b>	5.40	<b>7.17</b>	12.89	<b>12.3</b>
118	2012/08/11	9:34:22.5	39.96	78.15	12.0	17.07	0.04	<b>5.3</b>	5.51	5.69	<b>5.1</b>	<b>5.3</b>	5.73	<b>7.21</b>	13.39	<b>12.6</b>
119	2012/09/14	3:21:49.9	43.74	82.44	37.0	16.43	-0.16	<b>5.0</b>	5.30	5.45	<b>4.7</b>	<b>4.9</b>	5.28	<b>7.17</b>	12.71	<b>11.9</b>
120	2012/11/26	5:33:51.1	40.62	90.54	23.4	16.71	-0.10	<b>5.6</b>	5.40	5.61	<b>5.1</b>	<b>5.1</b>	5.53	<b>7.27</b>	13.09	<b>12.8</b>
121	2012/12/08	10:9:42.9	38.12	74.11	178.5	16.53	-0.16	<b>4.7</b>	5.20	5.55	<b>4.8</b>	<b>4.9</b>	5.41	<b>7.27</b>	12.91	<b>12.4</b>
122	2013/01/28	16:38:56.7	42.57	79.76	24.4	18.38	0.48	<b>6.1</b>	6.00	6.12	<b>6.2</b>	<b>6.2</b>	6.60	<b>7.20</b>	14.69	<b>15.1</b>
123	2013/02/11	19:13:3.5	38.56	92.41	19.7	16.52	-0.16	<b>5.3</b>	5.30	5.54	<b>5.1</b>	<b>4.9</b>	5.40	<b>7.26</b>	12.89	<b>12.2</b>
124	2013/03/03	3:12:28.9	38.64	71.50	23.5	16.69	-0.10	<b>5.1</b>	5.40	5.59	<b>4.9</b>	<b>5.1</b>	5.50	<b>7.25</b>	13.05	<b>12.4</b>
125	2013/03/11	3:1:41.4	40.22	77.52	12.0	16.83	-0.05	<b>5.4</b>	5.46	5.63	<b>5.1</b>	<b>5.2</b>	5.59	<b>7.24</b>	13.18	<b>13.2</b>
126	2013/03/29	5:1:11.5	43.52	86.96	38.5	17.27	0.11	<b>5.5</b>	5.56	5.75	<b>5.5</b>	<b>5.4</b>	5.86	<b>7.20</b>	13.58	<b>13.3</b>
127	2013/05/26	6:8:14.8	39.94	67.26	26.9	17.76	0.28	<b>6.2</b>	5.77	5.90	<b>5.9</b>	<b>5.8</b>	6.17	<b>7.18</b>	14.05	<b>13.0</b>
128	2013/06/30	4:59:34.4	39.26	73.47	27.7	16.61	-0.10	<b>5.0</b>	5.35	5.51	<b>5.0</b>	<b>5.0</b>	5.40	<b>7.17</b>	12.89	<b>12.9</b>
129	2013/08/30	5:27:30.6	43.79	87.64	15.3	17.02	0.04	<b>5.1</b>	5.51	5.64	<b>5.1</b>	<b>5.3</b>	5.66	<b>7.16</b>	13.29	<b>12.4</b>
130	2013/12/01	8:34:29.1	40.36	79.05	12.0	17.08	0.04		5.51	5.70	<b>5.0</b>	<b>5.3</b>	5.74	<b>7.22</b>	13.41	<b>12.8</b>