

Рис. 2. Карта энергетической представительности K_{min} землетрясений Алтае-Саянского региона в 2007 г. 1 – сейсмическая станция; 2 – изолиния K_{min} ; 3 – государственная граница; 4 – граница каталога АСОМСЭ; 5 – высоты рельефа $h_y, м$; римской цифрой I отмечена Бусингольская впадина.

Погрешности локации эпицентров землетрясений по региональной сети в 2007 г. были рассчитаны, как и ранее [2, 5], на примере землетрясений 9-го класса. Результат изображен в виде изолиний с $\delta=3,4,5,10,20$ и $50 км$ на рис. 3. Минимальные ошибки в локации, равные $\delta=3 км$, получены в кольце станций «Еланда», «Ельцовка», «Лужба», «Верх-База» и «Улаган». На всей территории в пределах России эпицентры определяются с ошибками не более $20 км$ и лишь во внешней зоне, в юго-восточном углу границы каталога, они возрастают до $\delta=50 км$.

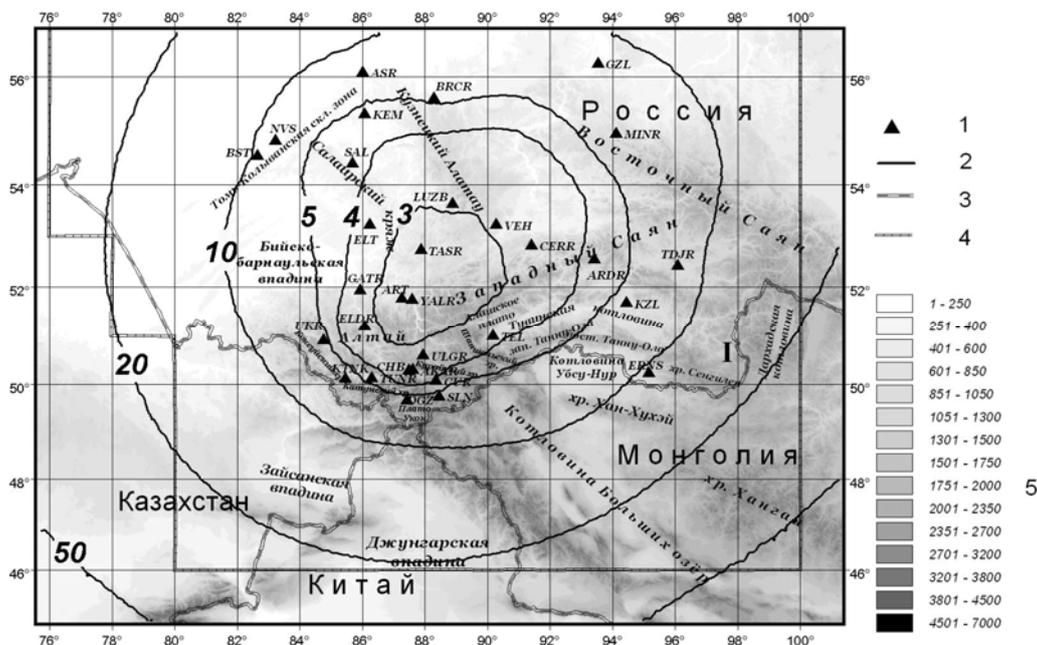


Рис. 3. Карта погрешности в локации эпицентров землетрясений с $K_p=9$ в 2007 г.

1 – сейсмическая станция АСОМСЭ; 2 – изолиния погрешности $\delta, км$; 3 – государственная граница; 4 – граница каталога АСОМСЭ; 5 – высоты рельефа; римской цифрой I отмечена Бусингольская впадина.

Кроме стационарной сети, в период с 8 мая по 12 июня 2007 г. действовала еще временная группа из 31 станции [7] в эпицентральной области Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. с

$M_S=7.3$. Она была нацелена на регистрацию сильных и слабых землетрясений в этой зоне [6]. За 36 дней наблюдений этой сетью зарегистрировано более 2500 событий с K_p от отрицательных значений $K_p=-1.7$ до $K_p=9.2$. В результате было выявлено, что основные изменения в геометрии сейсмического поля Чуйско-Курайской зоны в 2007 г. связаны с активизацией землетрясений малых энергий в структурах Северо-Чуйского, Южно-Чуйского, Айгулакского и Курайского хребтов, которые сопредельны с афтершоковой областью Чуйского землетрясения.

Землетрясения, зарегистрированные в 2007 г. в Чуйско-Курайской зоне, в том числе в период работы временной сети, представлены в каталоге [8] данного сборника с повышенной точностью: координаты эпицентров $\varphi^\circ, \lambda^\circ$ и ошибки их определения $\delta\varphi^\circ, \delta\lambda^\circ$ даны с градацией до 0.001° , глубины гипоцентров h и ошибки δh – до 0.1 км. При обработке этих землетрясений применялась уточненная для этой области скоростная модель [9] с использованием пакета программ HYPOINVERSE-2000 [10]. Глубина очага определялась для каждого события, если позволяли возможности конкретного набора станций. В противном случае глубина фиксировалась на значении, обеспечивающем максимальную точность определения координат, и в каталоге помечалась «f» (фиксирована). Обработка же основной массы землетрясений региона велась, как и ранее [2], с применением однослойной региональной модели земной коры с заданной средней глубиной очагов 15 км.

Суммарное число землетрясений, зарегистрированных в 2007 г. стационарной сетью и локализованных в группе обработки, составило $N_\Sigma=1178$ [8]. Карта их эпицентров дана на рис. 4. Самое сильное ($K_p=11.7, M_c=4.6$) землетрясение (8, рис. 4) с $\varphi=50.07^\circ N, \lambda=91.71^\circ E$ произошло 31 октября в 09^h06^m на северо-западе Монголии в 28 км к северо-западу от населенного пункта Улангом и в 45 км от побережья оз. Убус-Нур. Сведений о его ощутимости нет. На российской территории самое сильное ($K_p=11.2, M_c=3.9$) землетрясение (5) с $\varphi=50.37^\circ N, \lambda=96.61^\circ E$ реализовалось 14 мая в 03^h18^m на юге Республики Тыва. Самое слабое землетрясение имеет $K_p=4.1$ ($E=1.26 \cdot 10^4$ Дж), возникло 4 сентября в 18^h20^m [8] в афтершоковой зоне Чуйского землетрясения. Распределение всех землетрясений по энергетическим классам приведено в табл. 1.

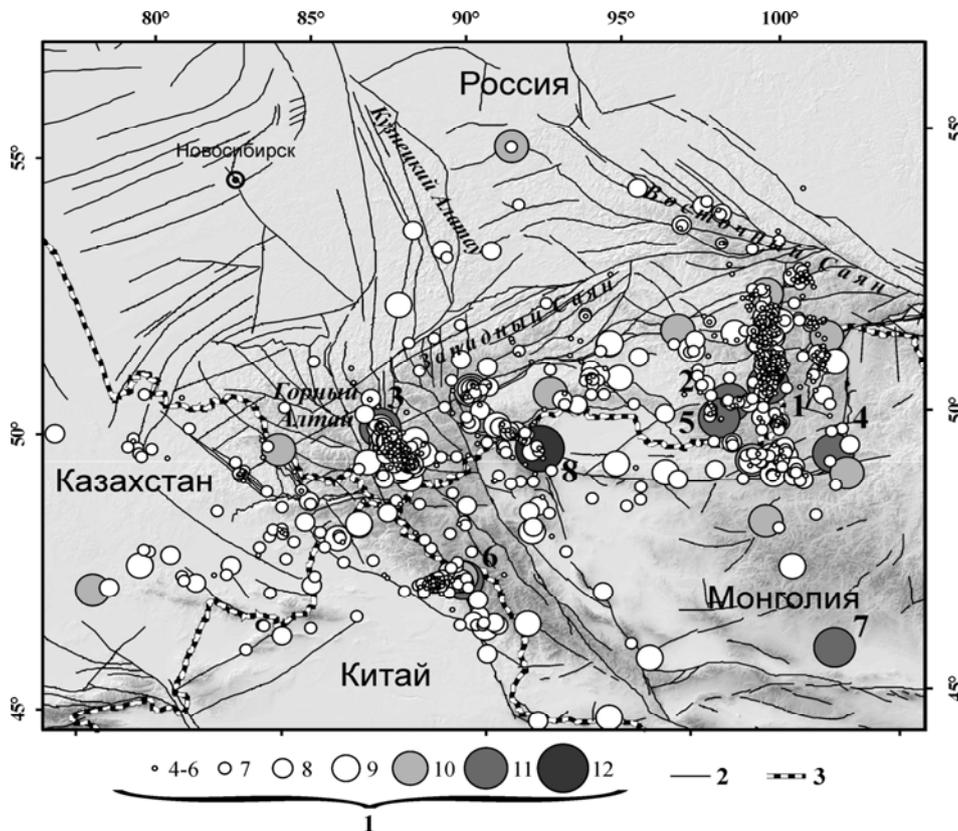


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений на территории Алтае-Саянской горной области в 2007 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – активный разлом; 3 – государственная граница; цифрами обозначены землетрясения с $K_p \geq 10.6$ по [8].

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия в регионе Алтай и Саяны в 2007 г.

K_p	4	5	6	7	8	9	10	11	12	N_Σ	$\Sigma E, Дж$
$N(K_p)$	5	74	493	422	111	48	17	7	1	1178	$1.599 \cdot 10^{12}$

Как видим, суммарная за год сейсмическая энергия составила $\Sigma E = 1.599 \cdot 10^{12}$ Дж. Почти треть этой энергии ($E = 5.01 \cdot 10^{11}$ Дж) высвободилась в очаге максимального землетрясения 31 октября с $K_p = 11.7$.

Графическое представление данных табл. 1 в координатах $[K_p; \lg N(K_p)]$ приведено на рис. 5. Произведенный по этим данным расчет параметров графика повторяемости в его линейной части методом ортогональной регрессии дал следующее уравнение:

$$\lg N(K_p) = 6.0672 - 0.4908 K_p,$$

т.е. наклон γ графика повторяемости землетрясений в 2007 г. составил по модулю $\gamma = |0.49|$. Это значение γ не отличается в пределах ошибок от долговременного среднего по региону.

Уровень сейсмичности в 2007 г., как и в 2006 г. [2], можно считать относительно спокойным: зарегистрировано всего 7 событий 11-го энергетического класса и одно с $K_p = 12$, суммарная сейсмическая энергия оценивается на уровне немного менее двух землетрясений с $K_p = 12$.

Большинство сильных ($K_p \geq 11$) землетрясений 2007 г. возникли в очаговых зонах крупнейших ($M > 6.5$) землетрясений региона за 1930–2006 гг. Так, например, описанное выше максимальное землетрясение (8) 31 октября с $K_p = 11.7$, $M_c = 4.6$ в [8] приурочено к очаговой зоне Урэг-Нурского землетрясения 15.05.1970 г. с $M = 7.0$, $I_0 = 9$ [11]; землетрясение (1) 2 марта с $K_p = 10.8$, $M_c = 3.6$ локализовано в очаговой зоне Бусингольского 27.12.1991 г. с $M = 6.5$ [12]; землетрясение (3) 20 марта с $K_p = 10.9$, $M_c = 4.0$ возникло в области афтершоков Чуйского 27.09.2003 г. с $M = 7.3$ [13]; землетрясение (6) от 4 июня с $K_p = 11.0$, $M_c = 3.9$ произошло вблизи очаговой области крупнейшего ($M = 7.8$) Монголо-Алтайского землетрясения 10.08.1931 г. с длиной зоны разрывов на поверхности около 200 км [11].

Интересной особенностью поля сейсмичности в 2007 г. является возникновение сильных землетрясений (4) и (7) на юго-востоке региона. Первое произошло 20 марта в 10^h22^m с $K_p = 10.7$, $M_c = 3.5$ на Монголо-Охотском линементе, тектоническом нарушении глобального уровня. Его эпицентр расположен примерно в 200 км восточнее Тану-Ольских землетрясений 09.07.1905 г. с $M = 7.6$, $I_0 = 9-10$ и 23.07.1905 г. с $M = 8.2$, $I_0 = 10$ [11], также связанных с Монголо-Охотским разломом. Второе землетрясение, зарегистрированное 20 августа в 09^h36^m с $K_p = 11.5$ и $M_c = 4.1$, пришлось на Гобийский Алтай.

Другие два сильных (с $K_p = 10.8$, $M_c = 3.2$ и с $K_p = 11.2$, $M_c = 3.9$) землетрясения (2, 5) отмечены 12 марта в 16^h31^m и 14 мая в 03^h18^m соответственно. Они локализованы к западу от Терехольской впадины.

Неординарным по отношению к сейсмическому процессу в 2006 г. [2] было землетрясение с $K_p = 10.1$, $M_c = 3.3$ в районе Солгонского кряжа в северных отрогах Восточных Саян, произошедшее 1 февраля в 15^h17^m [8]. Это первое землетрясение столь значительной энергии, наблюдавшееся в данной области за инструментальный период наблюдений. Ближайшее по энергии событие с $K_p = 9$ зарегистрировано здесь в 1963 году. Землетрясение 2007 г. сопровождалось афтершоками, часть из которых зарегистрирована региональной сетью станций.

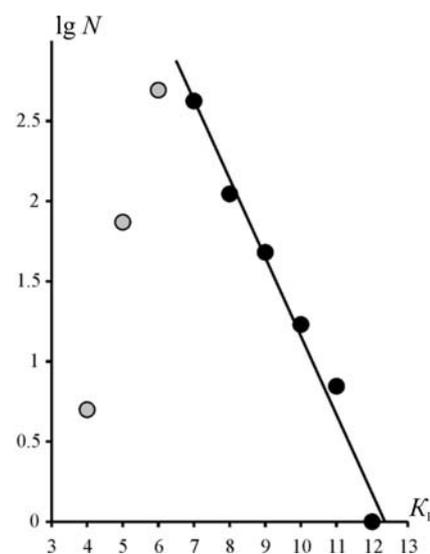


Рис. 5. График повторяемости землетрясений Алтай и Саян в 2007 г.

Рассмотрим особенности сейсмического режима в 2007 г. в районах двух сильнейших землетрясений Алтае-Саянской области: Чуйского 27.09.2003 г. с $MS=7.3$ и Бусингольского – 27.12.1991 г. с $MS=6.5$ (рис. 6).

В эпицентральной зоне Чуйского землетрясения (рис. 6 а) в 2007 г. зарегистрировано пять землетрясений с $K_p \geq 9.5$, самое сильное ($K_p=10.9$) из которых произошло 20 марта в 03^h22^m в пределах Айгулакского хребта. В отличие от ситуации в 2006 г. [2], район Северо-Чуйского хребта стал более сейсмичным, чем район Южно-Чуйского хребта. Именно здесь возникли четыре других землетрясения с $K_p \geq 10$. Толчки с энергией на порядок ниже регистрируются, помимо упомянутых хребтов, также внутри и у подножия Курайского хребта. Особенностью сейсмичности Чуйско-Курайской зоны в 2007 г. является возникновение, наряду с афтершоками Чуйского землетрясения, более сильных, чем афтершоки, редких толчков, эпицентры которых находятся в отдаленном окружении эпицентральной зоны Чуйского землетрясения, которые собственно афтершоками уже не являются.

В районе Бусингольского землетрясения (рис. 6 б) отмечается повышенная сейсмичность в пределах Шишхидского нагорья (эпицентральной область) и Белинской впадины. Землетрясения (2) и (5), возникшие 12 марта в 16^h31^m с $K_p=10.8$ и 14 мая в 03^h18^m с $K_p=11.2$, локализованы, как отмечено выше, в горах южнее Терехольской впадины.

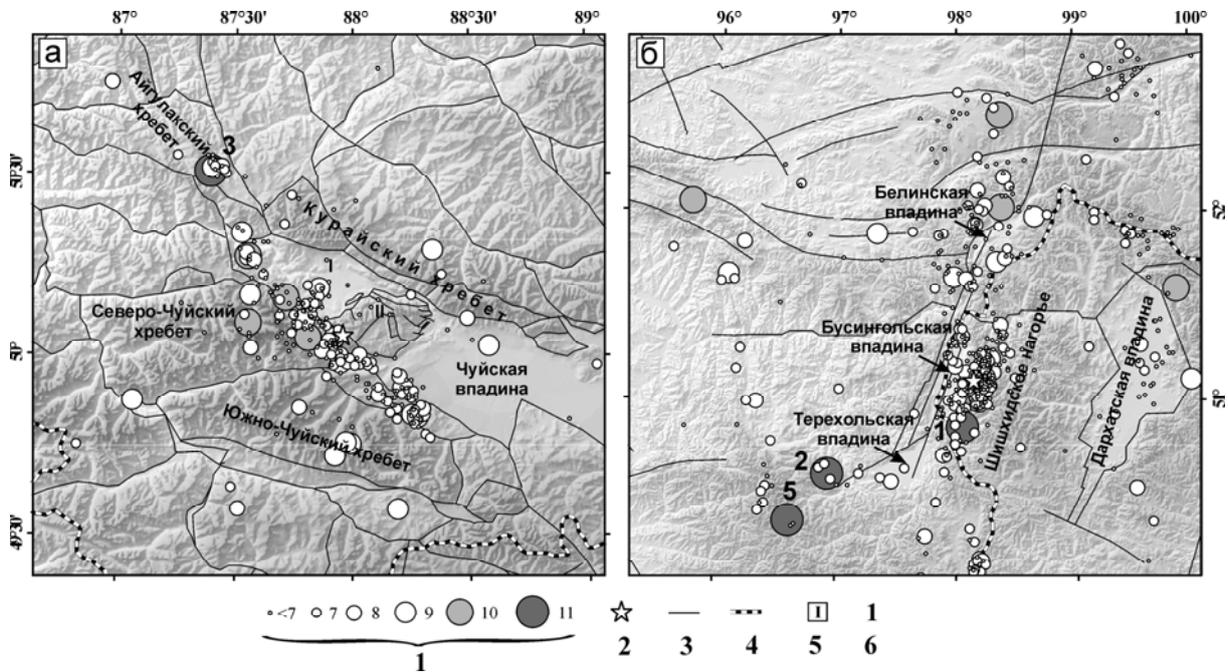


Рис. 6. Карта эпицентров событий в районах Чуйского 27.09.2003 г. (а) и Бусингольского 27.12.1991 г. (б) землетрясений.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – эпицентр сильнейшего события инструментального периода; 3 – активный разлом; 4 – государственная граница; 5 – римскими цифрами обозначены: I – Курайская впадина и II – Чаган-Узунский блок; 6 – цифрами обозначены землетрясения с $K_p \geq 10.6$ (см. каталог [8]).

Подводя итоги, следует отметить невысокий уровень сейсмической активности в 2007 г. в Алтае-Саянской горной области. Произошло всего семь землетрясений 11-го класса и одно – 12-го. Ощутимым, по данным [14], явилось одно землетрясение, зарегистрированное 7 сентября в 01^h38^m с $K_p=9.1$, которое вызвало сотрясения с интенсивностью $I=4$ балла в одном населенном пункте – Хову-Аксы.

Наиболее сильные землетрясения года происходили вблизи эпицентральных зон крупнейших землетрясений региона: Монголо-Алтайского, 1931; Гоби-Алтайского, 1957; Урэг-Нурского, 1970; Бусингольского, 1991; Чуйского, 2003.

Землетрясение 10 энергетического класса в районе Солгонского кряжа в северных отрогах Восточных Саян, произошедшее 1 февраля в 15^h17^m, является первым землетрясением столь значительной энергии в данной области.

Л и т е р а т у р а

1. **Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Еманов А.А.** Стационарные сейсмические станции Алтае-Саянского региона ($n=32$) в 2007 г. (код сети ASRS). (См. Приложение в наст. сб. на CD).
2. **Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Дураченко А.В.** Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 141–150.
3. **Еманов А.Ф., Дергачев А.А., Филина А.Г.** Стационарные станции в Ханты-Мансийском автономном округе ($n=3$) в 2007 г. (код сети ASRS). (См. Приложение в наст. сб. на CD).
4. **Еманов А.Ф., Дергачев А.А., Филина А.Г.** Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2007 г. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 23–25.
5. **Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В.** Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 142–152.
6. **Еманов А.А., Лескова Е.В., Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Колесников Ю.И., Сёмин А.Ю., Янкайтис В.В.** Эпицентральная зона Чуйского землетрясения 27.09.2003 г., $MS=7.3$ (Алтай) // Землетрясения России в 2007 году. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 82–85.
7. **Еманов А.А., Колесников Ю.И., Сёмин А.Ю., Янкайтис В.В.** Временные сейсмические станции 2007 г. ($n=31$) в эпицентальной зоне Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. с $MS=7.3$. (См. Приложение в наст. сб. на CD).
8. **Филина А.Г., Подкорытова В.Г., Лескова Е.В. (отв. сост.), Данциг Л.Г., Денисенко Г.А., Кузнецова Н.В., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В.** Каталог землетрясений Алтая и Саян за 2007 г. ($N=1177$). (См. Приложение в наст. сб. на CD).
9. **Соловьёв В.М., Селезнёв В.С., Дучков А.Д., Лисейкин А.В.** Деформационно-прочностное районирование земной коры Алтае-Саянской складчатой области // Проблемы сейсмологии III тысячелетия: Материалы междунар. геоф. конф., г. Новосибирск, 15–19 сент. 2003 г. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – С. 332–337.
10. **Klein F.W.** User's Guide to HYPOINVERSE-2000, a Fortran Program to Solve for Earthquake Locations and Magnitude // U.S. Geological Survey, Open-File Report, 02-171. 2002. – 123 p.
11. **Жалковский Н.Д., Ляхова Н.Г., Мучная В.В., Шебалин Н.В. (отв. сост.).** IV. Алтай и Саяны [1734–1974 гг., $M \geq 4.5$, $I_0 \geq 5$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 297–314.
12. **Филина А.Г.** Землетрясения Алтая и Саян // Землетрясения в СССР в 1991 году. – М.: ОИФЗ РАН, 1997. – С. 38–39.
13. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Фатеев А.В., Филина А.Г.** Чуйское землетрясение 27 сентября 2003 г. с $MS=7.3$, $K_p=17.1$ (Горный Алтай) // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 326–343.
14. **Рыжикова М.И., Михайлова Р.С. (отв. сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в ($n=233$) населенных пунктах России и других стран СНГ в 2007 г. (См. Приложение к данной статье в наст. сб. на CD).