

## 1. ОБЗОР СЕЙСМИЧНОСТИ

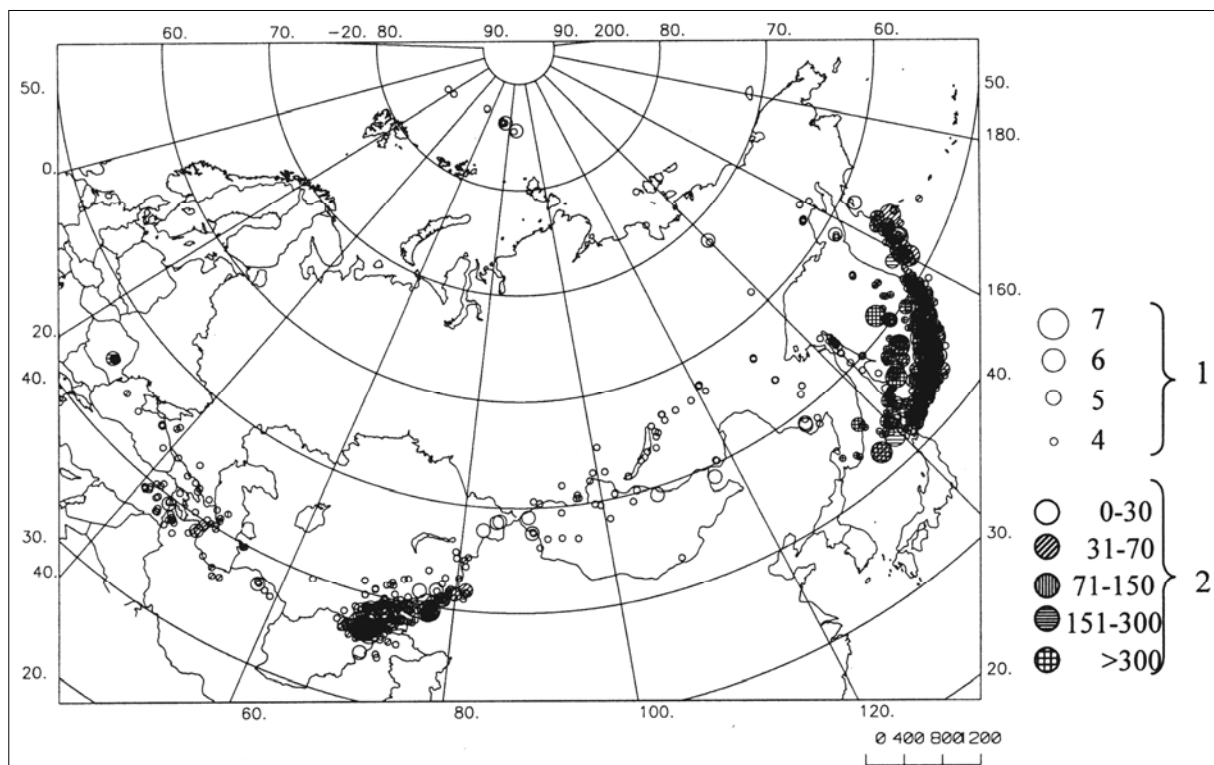
УДК 550.348.436

### **СЕВЕРНАЯ ЕВРАЗИЯ**

*О.Е. Старовойт, А.И. Захарова, Р.С. Михайлова*

Сейсмичность Северной Евразии формируется процессами, происходящими в ее орогенных и платформенных областях. К первым относятся Тихоокеанский и Трансазиатский пояса сейсмичности с достаточно высокой сейсмической активностью, ко вторым – платформы разного возраста – Восточно-Европейская, Туранская, Западно-Сибирская и Сибирская, характеризующиеся слабой и рассеянной сейсмичностью. Сейсмическая обстановка за 1998 г. проанализирована на базе Каталога сильных землетрясений Северной Евразии [1], составленного по данным еженедельного Сейсмологического бюллетеня [2] Опытной-методической экспедиции Института физики Земли Российской академии наук (ОМЭ ОИФЗ РАН), бюллетеней ISC [3], а также каталогов землетрясений и обзорных статей по регионам и территориям, помещенных в настоящем сборнике.

Всего на исследуемой территории в 1998 г. зарегистрировано и обработано 1523 землетрясения с магнитудой  $MS \geq 3.6$ , что несколько меньше, чем в 1997 г. ( $N_{\Sigma}=1762$ ) [4]. Суммарные числа этих землетрясений в последовательных интервалах  $MS$  даны в табл. 1 для регионов и территорий Северной Евразии, представленных в [5]. Карта их эпицентров показана на рис. 1.



**Рис. 1.** Карта эпицентров землетрясений Северной Евразии с  $MS \geq 3.6$  за 1998 г.

1 – магнитуда землетрясений; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по интервалам  $MS$  и суммарной сейсмической энергии для регионов и территорий Северной Евразии.

№ региона	Регион, территория	$MS$				$N_{\Sigma}$	$\Sigma E \cdot 10^{12}$ , Дж
		3.6–4.5	4.6–5.5	5.6–6.5	6.6–7.5		
1	2	3	4	5	6	7	8
I	Карпаты	3	1	–	–	4	3.1
II	Крым	2	–	–	–	2	1.3
III	Кавказ:						
	Азербайджан	10	1	–	–	11	25.2
	Армения	32	1	–	–	33	18.3
	Грузия	3	1	–	–	4	0.5
	Северный Кавказ (включая Дагестан)	9	1	–	–	10	2.9
IV	Копетдаг	11	1	–	–	12	15.1
V	Средняя Азия и Казахстан:						
	Центральная Азия	101	9	3	–	113	807.4
	Таджикистан	435	26	3	1	465	14013.8
	Северный Тянь-Шань	–	–	–	–	–	1.0
	Северный, Центральный и Восточный Казахстан	–	1	–	–	1	1.4
VI	Алтай и Саяны	20	4	–	–	24	75.0
VII	Прибайкалье и Забайкалье	26	3	–	–	29	16.5
VIII	Приамурье и Приморье	10	3	–	–	13	22.9
IX	Сахалин	35	1	–	–	36	29.1
X	Курило-Охотский регион	509	119	12	–	640	690.1
XI	Камчатка и Командорские острова	72	17	4	–	93	170
XII	Северо-Восток России	9	–	–	–	9	4.4
XIII	Якутия	12	1	–	–	13	4.5
XIV	Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь:						
	Воронежский кристаллический массив	–	–	–	–	–	<0.1
	Восточная часть Балтийского щита	–	–	–	–	–	<0.1
	Беларусь	–	–	–	–	–	<0.1
XV	Арктический бассейн	9	2	–	–	11	2.1
	Северная Евразия в целом	873	166	19	1	1523	15904.8

Примечание. В графах 3–6 даны числа землетрясений в разных интервалах магнитуд, значения которых соответствуют или прямым измерениям магнитуд по поверхностным волнам, или их расчету по энергетическим классам:  $K_P$  по [6],  $K_{II}$  по [7],  $K_C$  по [8, 9],  $K_S$  по [10],  $K$  по [11]. Пересчет классов в магнитуды проведен по следующим региональным формулам: для Карпат –  $MLH = 1.52 + 0.84MSH$  [12], для Крыма –  $MLH = -2.3 + 0.55K_{II}$  [13], для Кавказа, Средней Азии и Казахстана, Алтая, Прибайкалья и Забайкалья, Приамурья и Приморья, Северо-Востока России, Якутии –  $K = 4 + 1.8M$  [14], для Копетдага –  $K_P = 5.6 + 1.46MLH$  по [15], для Сахалина и Курил –  $MLH = (K_C - 1.2)/2$  и  $MSH = 1.71 + 0.75MLH$  по [9, 16], с введением поправок на глубину гипоцентра по [17], для Камчатки –  $K_S = 6.96 + 1.08MS$  [18].

Сети сейсмических станций Северной Евразии, данные которых использовались в регионах I–XV для определения основных параметров очагов землетрясений в 1998 г., претерпели следующие изменения. Новые аналоговые станции открыты на территории Северного Кавказа в Дагестане («Новокаякент» – с 15 декабря 1997 г., «Уркарах» – с 15 февраля 1998 г. [19]) и в Крыму (наземный выносной пункт наблюдений «Донузлав» – с 20 апреля – вместо уничтоженного местными жителями скважинного пункта [20]). Новые цифровые станции открыты на Восточно-Европейской платформе («Дивногорье» – с 20 февраля [21]) и на Алтае («Берчикуль» – с 1 сентября [22]). Некоторые аналоговые станции были дополнены цифровыми (разных типов) в следующих регионах: Алтай и Саяны («Ельцовка» + ЦСС типа «Reftek», США – с 1 августа [22]), Прибайкалье и Забайкалье («Иркутск», «Талая», «Тырган» + ЦСС «Байкал-6» [23]), Восточно-Европейская платформа – в Беларуси («Нарочь» + ЦСС «CSD-20» с 1 января [24]). Аналоговые комплекты регистрации заменены на цифровые типа «CSD-20» – с 1 января на двух станциях в Беларуси («Брест», «Гомель» [24]). Законсервированные ранее аналоговые станции вновь начали запись землетрясений на территории Азербайджана («Куба» с изменением названия на «Губа» и несколькими смещенными координатами – с 20 апреля [25]) и в регионе Алтай

и Саяны («Тюнгур», но уже в качестве цифровой типа «Байкал-11» – с 1 августа [22]). Со значительными перерывами работали станции в регионах Карпаты («Тросник», «Нижнее Селище» [26]), Крым («Ялта») [20], Центральная Азия – в Таджикистане [27], а на территории Грузии условия работы станций были чрезвычайно осложнены перерывами в снабжении электроэнергией и отсутствием фотобумаги [28]. Последнее имело место и в Таджикистане [27]. Законсервированы в 1998 г. три станции в регионе Карпаты («Городок» с – 3 мая, «Косов» – с 15 мая, «Рахов» – со 2 июня [26]). Еще в 1997 г. были закрыты две станции на территории Северного Кавказа в Дагестане («Ленинкент» – с 20 июля, «Буйнакск» – с 16 декабря [19]), а в 1998 г. – в регионе Копетдаг («Чарджоу» – с 24 марта, «Гяурс» – с 1 сентября [29]), на территории Северный Тянь-Шань («Лепсинск» – с 6 февраля [30]), в регионе Якутия («Неждановск» – с сентября [31]), на Восточно-Европейской платформе в Восточной части Балтийского щита («Полярный круг» – с 26 августа [32]).

Далее описываются наиболее заметные землетрясения в регионах I–XV (табл. 1), в основном с магнитудами  $M_S$ , превышающими 5.0. При отсутствии в регионе землетрясений с такими магнитудами обращено внимание и на умеренные, и на слабые толчки, характеризующие особенности сейсмической обстановки. Почти во всех регионах оценка балльности ощутимых землетрясений проведена по шкале MSK-64 [33], за исключением Курило-Охотского, где в ряде случаев использована шкала JMA [34].

**В регионе Карпаты (I)** зарегистрировано 57 землетрясений с  $K_p=6.0-12.4$  [35]. Наиболее сильные из них, как и 1997 г. [36], проявились в горах Вранча (13 марта с  $K_p=12.4$  и 27 июля с  $K_p=11.6$ ). Оба были ощутимы, по первому собраны сведения в 28 населенных пунктах, максимальная интенсивность в 4 балла отмечена в 13 из них при  $\Delta=139-164$  км. Менее сильные землетрясения произошли в районах Бакэу (3 сентября с  $K_p=9.9$ ) и Закарпатье (8 августа с  $K_p=8.7$ ). Количество выделившейся сейсмической энергии составило  $\Sigma E=3.11 \cdot 10^{12}$  Дж [26], что превышает таковую в 1997 г. в 1.3 раза ( $\Sigma E=2.43 \cdot 10^{12}$  Дж [36]). К сожалению, качество обработки землетрясений в регионе несколько снизилось в связи с тем, что, как указано выше, три станции из девяти были законсервированы и еще на двух были перерывы в регистрации [26].

**В Крыму (II)** уровень сейсмичности повысился по числу землетрясений (79 вместо 31) и по величине суммарной сейсмической энергии ( $13.1 \cdot 10^{11}$  Дж вместо  $9.0 \cdot 10^{11}$  Дж) [20, 37], главным образом, за счет Форосского землетрясения 18 октября с  $K_{II}=12.0$ , его форшоков и афтершоков. Результатам его обследования посвящена отдельная статья [38]. В Керченско-Анапском районе отмечены два землетрясения заметной ( $K_{II}>10.3$ ) величины – 21 июня с  $K_{II}=11.1$  и 26 июня с  $K_{II}=10.4$ . Первое ощущалось с интенсивностью сотрясений до 4 баллов в Анапе, второе – до 4–4.5 баллов – в Абрау-Дюрсо, Анапе, Новороссийске. Еще одно ощутимое землетрясение отмечено в Азовско-Кубанском районе 15 февраля с  $K_{II}=10.0$ , вызвавшее сотрясения до 4–5 баллов в Тимошевске и Двинской [39].

**В регионе Кавказ (III)** тенденция увеличения сейсмической энергии, отмеченная в [4], сохранилась лишь для территории Армении ( $18.3 \cdot 10^{12}$  Дж [40] вместо  $11.5 \cdot 10^{12}$  Дж [41]) и Северного Кавказа ( $2.95 \cdot 10^{12}$  Дж [42] вместо  $1.42 \cdot 10^{12}$  Дж [43]), а для двух остальных территорий произошло ее уменьшение: в Азербайджане – с  $327.7 \cdot 10^{12}$  Дж [44] до  $25.5 \cdot 10^{12}$  Дж [25], в Грузии – с  $11.4 \cdot 10^{12}$  Дж [45] до  $0.5 \cdot 10^{12}$  Дж [28]. В регионе обследовано три ощутимых землетрясения: Чикаанское, Лерикское, Спитакское-III, которым посвящены отдельные статьи [46–48]. Кроме названных землетрясений, в территориальных каталогах имеются сведения об ощутимости для четырнадцати землетрясений в Азербайджане [49], семи – в Армении [50], четырех – в Грузии [51], девяти – на Северном Кавказе (включая Дагестан) [52].

**В регионе Копетдаг (IV)** произошло существенное (более чем на два порядка) падение уровня годовой сейсмической энергии ( $1.5 \cdot 10^{13}$  Дж [29] вместо  $4.1 \cdot 10^{15}$  Дж [53]) за счет затухания процесса в очаге Боджнурдского землетрясения 04.02.1997 г. [54] в Туркмено-Хорасанском районе, где 4 августа произошло наиболее сильное землетрясение 1998 г. с  $K_p=13.1$ , являющееся афтершоком Боджнурдского события. Оно ощущалось в Боджнурде с интенсивностью в 5 баллов. В трех других районах – Балхано-Каспийском, Восточном Туркменистане, Эльбурском – также понизился уровень высвобожденной энергии в 16, 8 и 3 раза соответственно, по сравнению с таковым в 1997 г. [53]. Сведения об ощутимости собраны Г.Л. Голинским еще для восьми толчков: 6 февраля с  $K_p=10.8$ ,  $I_{max}=4-5$  баллов; 11 марта с  $K_p=8.8$ ,  $I_{max}=4-5$  баллов; 28 марта с  $K_p=8.9$ ,  $I_{max}=4$  балла; 18 июля с  $K_p=9.6$ ,  $I_{max}=5$  баллов;

29 августа с  $K_p=9.6$ ,  $I_{\max}=2$  балла; 16 сентября с  $K_p=10.8$ ,  $I_{\max}=4-5$  баллов; 13 октября с  $K_p=9.3$ ,  $I_{\max}=3-4$  балла; 23 ноября с  $K_p=9.5$ ,  $I_{\max}=3$  балла [55].

**В регионе Средняя Азия и Казахстан (V)** на территории Центральной Азии произошло существенное (почти в 5 раз) уменьшение выделившейся сейсмической энергии с  $38.3 \cdot 10^{14}$  Дж [56] до  $8.1 \cdot 10^{14}$  Дж [57]) во всех трех районах – Северо-Восточном, Юго-Западном и Северном Тянь-Шане. Максимальным было землетрясение с  $K_p=14.8$  за 2 августа, локализованное в приграничной зоне с Китаем, где в 1997 г. прошла серия сильных землетрясений сравнимой энергии [56]. Два землетрясения 14-го класса (19 марта с  $K_p=13.8$  и 29 мая с  $K_p=13.6$  [58]) возникли в Северо-Восточном и Южном Тянь-Шане соответственно. Второе из них было более ощутимым (до 6 баллов) на территории Кыргызстана.

В Таджикистане отмечено увеличение выделившейся сейсмической энергии почти в семь раз ( $14.01 \cdot 10^{15}$  Дж вместо  $2,16 \cdot 10^{15}$  Дж) и числа землетрясений в 1,2 раза (2969 вместо 2408) [27, 59]. Значительное превышение в энергии вызвано землетрясением 30 мая с  $M=6.7$  и его сильным форшоком 4 февраля с  $M=5.9$ , возникшими южнее границ Таджикистана [56]. Оба события сопровождались большими сериями афтершоков [27, 60]. Главный толчок является наиболее разрушительным событием 1998 г. в Евразии в целом [61]. Непосредственно в границах Таджикистана отмечены два ощутимых землетрясения, для которых были построены карты изосейст: это шестибалльное Кули-Суфийское землетрясение [62], отмеченное 3 сентября в южных отрогах Вахшского хребта вблизи Нурекского водохранилища, уникальное для этой местности, т. к. сотрясения такой интенсивности на этом участке неизвестны; менее интенсивное – Чимтеппинское землетрясение – 20 сентября с  $I_0=5-6$  баллов [63] реализовалось в 13 км к югу от Душанбе, недалеко от места слияния рек Варзоб и Кафирниган.

В Северном Тянь-Шане произошло уменьшение суммарной энергии более чем на порядок: с  $13.32 \cdot 10^{12}$  Дж [64] до  $0.99 \cdot 10^{12}$  Дж [30]). Сведения об ощутимости имеются для трех событий: 20 апреля с  $K_p=10.4$ , 26 апреля с  $K_p=10.6$  и 5 ноября с  $K_p=10.8$  [65]. Наибольшая интенсивность (до 4-х баллов) отмечена для второго из них.

В пределах Восточного Казахстана, в районе хр. Тарбагатай, 12 июля произошло землетрясение с  $K_p=13.6$  [66], приуроченное к области известных Зайсанских землетрясений 1990 г. [67]. Оно ощущалось с интенсивностью до 3–4 баллов в Зайсане [68]. В Северном Казахстане, в районе обсерватории «Боровое», впервые зарегистрированы землетрясения: это – группа слабых толчков с  $K_p=2.2-6.9$ , возникшая 26–29 июля. Максимальное из них вызвало 4-балльные сотрясения в Боровом и Щучинске ( $\Delta=10$  км) [66, 68].

**В регионе Алтай и Саяны (VI)** уровень сейсмической энергии повысился на 1.5 порядка – с  $5.7 \cdot 10^{12}$  Дж в 1997 г. [69] до  $75.0 \cdot 10^{12}$  Дж в 1998 г. [22]. Наиболее сильные землетрясения локализованы в Монгольском Алтае, за пределами России: 22 января с  $K_p=13.6$ , 12 июля с  $K_p=13.3$ , 21 ноября с  $K_p=12.7$ , 25 ноября с  $K_p=12.7$  [70]. Сведения об их ощутимости отсутствуют.

**В регионе Прибайкалье и Забайкалье (VII)** зарегистрировано 2742 землетрясения с  $K_p=4.6-12.7$  [71]. Количество выделившейся годовой сейсмической энергии увеличилось почти в 3 раза, по сравнению с таковой в 1997 г. (с  $5.5 \cdot 10^{12}$  Дж [72] до  $16.5 \cdot 10^{12}$  Дж [23]). Самые сильные землетрясения реализовались в Восточном и Западном Забайкалье: 27 февраля с  $K_p=12.7$ , 29 июня с  $K_p=12.5$ , 16 мая с  $K_p=11.4$ , 25 сентября с  $K_p=12.2$ . Первое из них вызвало сотрясения на территории России до 5 баллов [71].

**В Приамурье и Приморье (VIII)** локализовано 341 землетрясение с очагами в земной коре с  $K_p=5.0-13.2$  и 12 глубоких ( $h=307-529$  км) с  $MPVA=3.4-5.7$  [73]. Годовая энергия коровых землетрясений возросла почти на порядок (с  $2.7 \cdot 10^{12}$  Дж [74] до  $20.4 \cdot 10^{12}$  Дж [75]), в то время как энергия глубоких уменьшилась почти в 4 раза (с  $10.5 \cdot 10^{12}$  Дж до  $2.5 \cdot 10^{12}$  Дж). Основной вклад в энергию коровых землетрясений внесли два события в Турино-Буреинском районе, произошедшие 24 июля с разрывом в 7 минут – в  $23^h12^m$  с  $K_p=13.2$  и в  $23^h19^m$  с  $K_p=12.6$ , ощущавшиеся в Кульдуре с интенсивностью 5 баллов [73].

**В регионе Сахалин (IX)** зарегистрировано 196 коровых землетрясений с  $K_c=5.5-10.2$  и 19 глубоких ( $h=290-339$  км) с  $MPVA=3.5-4.7$  [76], что для коровых меньше, а для глубоких больше, чем в 1997 г. ( $N=256$  и 10 соответственно [77]). Годовая сейсмическая энергия коровых и глубоких землетрясений региона в 1998 г. составила  $5.7 \cdot 10^{10}$  Дж и  $23.4 \cdot 10^{10}$  Дж соответственно [78], что меньше, чем в 1997 г. ( $15.3 \cdot 10^{10}$  Дж и  $448.8 \cdot 10^{10}$  Дж соответственно). Продолжался

общий спад энергетического уровня сейсмичности, что можно объяснить процессами затухания активности очаговой области Нефтегорского землетрясения [79]. Здесь было отмечено 12 ощутимых афтершоков, два из которых, произошедшие 9 июня  $14^{\text{h}}05^{\text{m}}$  и  $18^{\text{h}}07^{\text{m}}$ , ощущались в пос. Сабо с интенсивностью 5–6 баллов. Глубокие землетрясения реализовались только в Юго-Восточном районе, в заливе Анива.

**В Курило-Охотском регионе (X)**, как и в 1997 г. [4], суммарная энергия как коровых, так и глубоких землетрясений уменьшилась (с  $11.7$  до  $2.7 \cdot 10^{13}$  Дж и с  $82.6$  до  $66.3 \cdot 10^{13}$  Дж соответственно [80, 81]). Два коровых толчка с  $MLH=5.8$  произошли в Симушир-Урупском (17 января с  $h=68$  км) и Кунашир-Шикотанском районах (20 января с  $h=61$  км), а три глубоких – с  $MSH=6.6$  в Симушир-Урупском районе (30 января с  $h=109$  км) и в Японском (9 декабря с  $h=201$  км) и Охотском (29 ноября с  $h=386$  км) морях. Наибольшая ощутимость – до 6 баллов отмечена районе при землетрясении 20 января и до 4 баллов – в Симушир-Урупском районе при толчке 12 мая с  $MLH=5.3$  [82].

**В регионе Камчатка и Командорские острова (XI)** общее число землетрясений в 1998 г. ( $N_{\Sigma}=5726$  [83]) превысило таковое в 1997 г. ( $N_{\Sigma}=4818$  [84]) в основном за счет слабых толчков с  $K_S \leq 8.5$ . В то же время число землетрясений с большей энергией существенно снизилось. В итоге суммарная годовая энергия землетрясений уменьшилась более чем в 20 раз (от  $40 \cdot 10^{14}$  Дж до  $1.7 \cdot 10^{14}$  Дж) за счет затухания сейсмического процесса в очаге Кроноцкого землетрясения с  $MS=7.9$  [85], который тем не менее продолжал быть активным в течение всего года. Здесь произошло 8 сильных афтершоков с  $K_S \geq 11.6$ , самым значительным ( $K_S=13.2$ ,  $MS=5.8$ ) из которых было землетрясение 30 августа. Максимальный за год энергетический класс  $K_S=13.8$  ( $MS=6.6$ ) имело землетрясение 1 июня на подводном продолжении Шипунского полуострова, которое ощущалось на территории Камчатки с интенсивностью до 5 баллов и сопровождалось афтершоками. С такой же интенсивностью ощущались еще 3 землетрясения: 18 января с  $K_S=12.2$ , 6 апреля с  $K_S=11.5$ , 28 мая с  $K_S=12.1$ . Следует отметить также рой землетрясений с 22 мая по 4 июня с  $K_{S \text{ max}}=13.3$ ,  $MS_{\text{ max}}=5.9$  на западном склоне Курило-Камчатского глубоководного желоба напротив Авачинского залива [86].

**В регионе Северо-Восток России (XII)** уровень сейсмической энергии продолжал понижаться (с  $10.2 \cdot 10^{12}$  Дж в 1997 г. [87] до  $4.4 \cdot 10^{12}$  Дж в 1998 г. [88]), хотя суммарное число землетрясений за счет более слабых повысилось вдвое (с 63 до 123). Подавляющая часть их возникла, так же как и в 1997 г., в районе Колымы в виде роя землетрясений вблизи пос. Меринг. Из 200 его толчков лишь 86 удалось обработать. Наибольшую энергию имеют два землетрясения в Охотском море (14 марта с  $K_p=12.2$  и 16 марта с  $K_p=12.0$  [89]).

**В регионе Якутия (XIII)**, как и в прошлые годы [90, 91], наибольшей сейсмической активностью выделялись районы Олекминский и Становой хребет. Произошло снижение уровня сейсмичности как по числу землетрясений (с 922 до 770), так и по суммарной сейсмической энергии, уменьшившейся незначительно (с  $4.9 \cdot 10^{12}$  Дж до  $4.5 \cdot 10^{12}$  Дж [31, 91]). В Олдонгсинском рое, начавшемся в 1997 г. [91], произошло еще 411 толчков, из которых четыре имели  $K_p \div 11$ : 30 июня с  $K_p=10.6$ , 6 августа с  $K_p=10.7$ , 10 августа с  $K_p=10.6$ , 15 октября с  $K_p=10.6$  [92].

**По региону Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь (XIV)** в 1998 г. приведены сведения о сейсмичности трех территорий: Воронежского кристаллического массива, Восточной части Балтийского щита и Беларуси.

На территории Воронежского кристаллического массива в 1998 г. введено деление на три района: Курский мегаблок, Лосевская шовная зона и Хоперский мегаблок [21], в пределах которых идентифицированы как землетрясения 34 события с  $K_p=3.5$ – $8.4$  [97], что в 1.7 раз больше, нежели в 1997 г. ( $N_{\Sigma}=20$  [98]). Наибольший энергетический класс  $K_p=8.4$  имело событие 25 марта, локализованное в Курском мегаблоке [97].

На территории Восточной части Балтийского щита с 1998 г. введена новая схема деления на семь районов в соответствии с географическими и государственными границами [32]: Баренцево море, Кольский полуостров, Белое море, Карелия, Юго-Восток региона, Финляндия, Норвегия. Из общего числа землетрясений  $N_{\Sigma}=35$  по одному отмечено в Карелии (26 июля с  $K=8.5$ ) и в Финляндии (14 сентября с  $K=6.6$ ), два – в Белом море (30 октября с  $K=5.6$ , 30 ноября с  $K=6.9$  [93]), и 31 – на Кольском полуострове. В остальных трех районах землетрясения с  $K \geq 5$  не отмечены. Общий уровень сейсмичности, по сравнению с таковым в 1997 г.,

снизились как по числу землетрясений, так и по суммарной энергии (в 1997 г. –  $N_{\Sigma}=46$ ,  $\Sigma E=5.2 \cdot 10^9$  Дж [94]; в 1998 г. –  $N_{\Sigma}=35$ ,  $\Sigma E=2.2 \cdot 10^9$  Дж [32]).

В Беларуси выделявшаяся сейсмическая энергия составила в 1998 г.  $\Sigma E=2.9 \cdot 10^9$  Дж [24], что почти сравнимо с соответствующей величиной в 1997 г. ( $2.6 \cdot 10^9$  Дж [95]). Общее число событий с  $K_p=4.7-8.5$  в годовом каталоге, равное  $N_{\Sigma}=87$  [96], локализовано на двух отдельных участках: 78 вблизи Старобинского месторождения калийных солей и 9 – в приграничной с Россией полосе на северо-западе Беларуси. Все события второго участка, по данным агентств ВЕР и HEL [3], следует отнести к категории «возможно, взрыв». Максимальное ( $K_p=8.5$ ) событие отмечено 22 июня вблизи Солегорска.

**В Арктическом бассейне (XV)** в 1998 г. мировой сетью [3] локализовано 28 землетрясений (в 1997 г. – 16 [99]) в диапазоне  $m_b=3.6-5.0$ , из которых 27 приурочены к линейно вытянутой сейсмоактивной зоне Арктического бассейна вдоль хр. Гаккеля [100]. Здесь же 18 октября локализовано наиболее сильное землетрясение с  $m_b=5.0$  [101].

### Л и т е р а т у р а

1. Михайлова Р.С. (отв. сост.). Северная Евразия (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
2. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1998 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ГС РАН, 1998–1999.
3. **Bulletin of the International Seismological Centre (for 1998)**. – Berkshire: ISC, 2000.
4. Старовойт О.Е., Захарова А.И., Михайлова Р.С. Северная Евразия // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 7–14.
5. Введение. См в наст. сб.
6. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Тр. ИФЗ АН СССР; №32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
7. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е. Об энергетической оценке землетрясений Крымско-Черноморского региона // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т.2. – М.: ИФЗ АН СССР, 1974. – С. 113–125.
8. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений на расстояниях до  $17^\circ$  // Физика Земли. – 1967. – № 1. – С. 37–60.
9. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – №2. – С. 13–22.
10. Федотов С.А. Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
11. Коломиец А.С., Баранов С.В. Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 168–171.
12. Костюк О.П., Москаленко Т.П., Руденская И.М. Землетрясения Карпат // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: НИА-Природа, 1999. – С. 10–14.
13. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона – Киев: Наукова думка, 1989. – 189 с.
14. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясения // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР; №9(176)). – М.: АН СССР, 1960. – С. 75–114.
15. Петрова Н.В., Рахимов А.Р. Соотношения между магнитудными шкалами и энергетическими характеристиками землетрясений Копетдагского региона // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1992. – №5. – С. 60–67.
16. Тараканов Р.З., Ким Чун Ум, Сухомлинова Р.И. Закономерности пространственного распределения гипоцентров Курило-Камчатского и Японского регионов и их связь с особенностями геофизических полей // Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. – М.: Наука, 1977. – С. 65–75.
17. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.

18. Гусев А.А., Мельникова В.Н. Связи между магнитудами – среднемировые и для Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 1990. – №6. – С. 55–63.
19. Даниялов М.Г., Левкович Р.А., Османов О.А., Мирзалиев М.М., Амиров С.Р. Дагестан (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
20. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Пустовитенко Б.Г., Поречнова Е.И., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н. Крым (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
21. Надёжка Л.И., Сафронич И.Н., Пивоваров С.П., Ефременко М.А., Семенов А.Е., Сорокин Б.А. Воронежский кристаллический массив (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
22. Еманов А.Ф., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Ярыгина М.А. Алтай и Саяны (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
23. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Масальский О.К. Прибайкалье и Забайкалье (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
24. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И. Беларусь (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
25. Гасанов А.Г., Абдуллаева Р.Р. Азербайджан (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
26. Руденская И.М., Пронишин Р.С., Чуба М.В., Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Симонова Н.А., Степаненко Н.Я. Карпаты (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
27. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
28. Папалашвили В.Г. Грузия (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
29. Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Голинский Г.Л., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч. Копетдаг (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
30. Бейсенбаев Р.Т., Калмыкова Н.А., Неверова Н.П. Северный Тянь-Шань (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
31. Козьмин Б.М. Якутия (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
32. Коломиец А.С., Баранов С.В. Восточная часть Балтийского щита (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
33. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
34. Hisada T., Nakagawa K. Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Building. – Japan, 1958.
35. Руденская И.М. (отв. сост.), Гаранджа И.А., Келеман И.М., Пронишин Р.С., Пронишин М.Р., Чуба М.В., Щепиль О.И., Симонова Н.А. Карпаты (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
36. Руденская И.М., Пронишин Р.С., Бень Я.А., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 30–32.
37. Пустовитенко А.Н., Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А., Поречнова Е.И., Сыкчина З.Н. Крым // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 33–41.
38. Пустовитенко Б.Г. Форосское землетрясение 18 октября 1998 года с  $M_s=4.3$ ,  $I_0=5$  (Крым) (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
39. Свидлова В.А. (отв. сост.) Крым (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
40. Саргсян Г.В., Гаспарян В.Р., Мкрчян А.Т. Армения (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
41. Саргсян Г.В., Гаспарян В.Р. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 47–51.
42. Габсатарова И.П. Северный Кавказ (без Дагестана) (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
43. Габсатарова И.П., Девяткина Л.В. Северный Кавказ (без Дагестана) // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 59–62.
44. Гасанов А.Г., Алиев А.Г. Азербайджан // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 42–46.
45. Папалашвили В.Г., Бутикашвили Н.А. Грузия // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 52–53.

46. Папалашвили В.Г. Чикаанское землетрясение 7 июля 1998 года с  $MLH=4.1$ ,  $I_0=5-6$  (Грузия) (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
47. Гасанов А.Г., Алиев А.Р., Алиева З.С., Абдуллаева Р.Р. Лерикское землетрясение 9 июля 1998 года с  $M_w=6.0$ ,  $I_0=7$  (Азербайджан) (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
48. Саргсян Г.В., Гаспарян В.Р., Мкрчян А.Т. Спитакское-III землетрясение 25 октября 1998 года с  $MLH=3.9$ ,  $I_0=5-6$  (Армения) (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
49. Гасанов А.Г., Абдуллаева Р.Р., Миргуламова С.М. (отв. сост.), Мамедова М.К., Исмаилова С.С., Расулова Г.Э., Казиева С.Г., Абдуллаева Э.Г., Кулиева С.Г. Азербайджан (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
50. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Гаспарян В.Р., Мкрчян А.Т. Армения (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
51. Папалашвили В.Г., Кахиани Л.А. (отв. сост.), Бикашвили Л.А., Бедианашвили Э.З., Джанезашвили М.М., Дзманашвили М.А., Кутателадзе Р.К., Концелидзе Л.В., Сохадзе Л.Д., Табуцадзе Ц.А., Аманаташвили Я.Т., Михайлова Р.С. Грузия (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
52. Габсатарова И.П., Амиров С.Р. (отв. сост.), Селиванова Е.А., Девяткина Л.В., Мусалаева З.А., Гамидова А.М., Сагателова Е.Ю., Абдуллаева А.Р. Северный Кавказ (включая Дагестан) (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
53. Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Голинский Г.Л., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч. Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФООП, 2003. – С. 63–72.
54. Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Ильясов Б.И., Мурадов Ч.М., Рахимов А.Р., Безменова Л.В., Гарагозов Д., Ходжаев А., Баймурадов К., Рахманова М.С. Боджнурдское землетрясение 4 февраля 1997 года с  $MS=6.6$ ,  $I_0=8$  (Копетдаг) // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФООП, 2003. – С. 199–210.
55. Сарыева Г.Ч., Рахимов А.Р., Голинский Г.Л. (отв. сост.), Тачов Б., Мамедязова М.Т., Халлаева А.Т., Коржукова Т.А., Таджикива Ш.К., Дурасова И.А., Клычева Э.Р., Эсенова А., Петрова Н.В. Копетдаг (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
56. Джанузакон К.Д., Ильясов Б.И., Калмыкова Н.А., Гиязова Ш.Ш. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФООП, 2003. – С. 73–76.
57. Джанузакон К.Д., Ильясов Б.И., Калмыкова Н.А., Гиязова Ш.Ш. Центральная Азия (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
58. Джанузакон К.Д. (по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А., Неверова Н.П. (Казахстан), Гиязова Ш.Ш. (Узбекистан), Сопиева К., Жунусова Ж., Айбашева К., Шипулина С.А., Умурзакова Р.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Каймачникова Н.И., Гайчук Л.И., Тулегенова М.К., Абдыкадыров А.А. Центральная Азия (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
59. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФООП, 2003. – С. 77–84.
60. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Хусейнова Г.А., Давлятова Р., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Таджикистан (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
61. Старовойт О.Е., Захарова А.И., Рогожин Е.А., Михайлова Р.С., Пойгина С.Г. Евразия в 1997–1998 гг. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
62. Джураев Р.У. Кули-Суфиёвское землетрясение 3 сентября 1998 г. с  $K_p=12.8$ ,  $I_0=6$  (Таджикистан) (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
63. Джураев Р.У. Чимтеппинское землетрясение 20 сентября 1998 г. с  $K_p=12$ ,  $I_0=5-6$  (Таджикистан) (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
64. Бейсенбаев Р.Т., Калмыкова Н.А., Неверова Н.П. Северный Тянь-Шань // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФООП, 2003. – С. 85–88.
65. Неверова Н.П. (отв. сост.), Шипулина С.А., Проскурина Л.П., Умурзакова Р.А., Ульянина И.А., Каймачникова Н.И., Гайчук Л.Н. Северный Тянь-Шань (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
66. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Северный, Восточный и Центральный Казахстан См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).



67. Нурмагамбетов А., Садыков А., Тимуш А.В., Хайдаров М.С., Власова А.А., Михайлова Н.Н., Сабитов М.М., Умирзакова А., Гапич В.А. Зайсанское землетрясение 14 июня 1990 г. // Землетрясения в СССР в 1990 году. – М.: ГС РАН, 1996. – С. 54–60.
68. Михайлова Р.С. (сост.). Северный, Восточный и Центральный Казахстан (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
69. Еманов А.Ф., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Кабаник А.В., Ярыгина М.А. Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 92–97.
70. Филина А.Г., Подкорытова В.Г., Фатеев А.В. (отв. сост.), Манушина О.А., Подлипская Л.А., Данциг Л.Г., Слепенкова Э.А. Алтай и Саяны (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
71. Леонтьева Л.Р., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Тигунцева Г.В., Хайдурова Е.В., Андрусенко Н.А., Виноградова Л.П., Тимофеева В.М., Евсеева Е.Д., Дворникова В.И., Дрокова Г.Ф., Анисимова Л.В., Масальская Л.Н., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б. Прибайкалье и Забайкалье (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
72. Гилёва Н.А., Мельникова В.И., Ружич В.В., Курушин Р.А., Масальский О.К. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 99–106.
73. Шолохова А.А., Коваленко Н.С. (отв. сост.), Садчикова А.А., Величко Л.Ф., Крючкова О.В. Приамурье и Приморье (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
74. Коваленко Н.С., Шолохова А.А., Рудик М.И., Бобков А.О. Приамурье и Приморье // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 118–121.
75. Фокина Т.А., Рудик М.И., Паршина И.А., Дорошкевич Е.Н., Бобков А.О., Сафонов Д.А., Микрюкова О.В. Приамурье и Приморье (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
76. Фокина Т.А., Поплавская Л.Н. (отв. сост.), Шолохова А.А., Садчикова А.А., Величко Л.Ф., Паршина И.А. Сахалин (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
77. Фокина Т.А., Паршина И.А., Рудик М.И., Бобков А.О., Шолохова А.А. Сахалин // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 122–128.
78. Фокина Т.А., Паршина И.А., Рудик М.И., Дорошкевич Е.Н., Сафонов Д.А., Сен Рак Се, Ким Чун Ун, Микрюкова О.В., Краева Н.В. Сахалин (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
79. Оскорбин Л.С., Поплавский А.А., Стрельцов М.И., Шолохова А.А., Давыдова Н.А., Койкова Л.Ф., Садчикова А.А., Хритова Л.И. Нефтегорское землетрясение 27(28) мая 1995 года ( $M_w=7.1$ ) // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 170–182.
80. Фокина Т.А., Давыдова Н.А., Рудик М.И., Бобков А.О. Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 129–139.
81. Фокина Т.А., Давыдова Н.А., Рудик М.И., Дорошкевич Е.Н., Сафонов Д.А., Гуреев Р.Г., Микрюкова О.В. Курило-Охотский регион (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
82. Поплавская Л.Н., Давыдова Н.А. (отв. сост.), Брагина Г.И., Коваленко Н.С., Пиневиц М.В. Курило-Охотский регион (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
83. Левина В.И., Иванова Е.И., Гордеев Е.И. Камчатка и Командорские острова (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
84. Левина В.И., Иванова Е.И., Гордеев Е.И. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 140–144.
85. Левина В.И., Гусев А.А., Павлов В.М., Иванова Е.И., Левин В.Е., Рябинин Г.В., Хаткевич Ю.М., Гусева Е.М., Салтыков В.А., Зобин В.М. Кроноцкое землетрясение 5 декабря 1997 года с  $M_w=7.8$ ,  $I_0=8$  (Камчатка) // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 250–271.
86. Левина В.И., Лепская Т.С. (отв. сост.), Антипова О.Г., Бахтиярова Г.М., Зенина С.А., Кобзева А.А., Кривогорницына Т.М., Митюшкина С.В., Пилипенко Л.В., Шевченко Н.А. Камчатка и Командорские острова (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
87. Гунбина Л.В., Лещук Н.М., Седов Б.М. Северо-Восток России // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 145–150.
88. Гунбина Л.В., Лещук Н.М., Седов Б.М. Северо-Восток России (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).

89. **Гунбина Л.В., Лещук Н.М. (отв. сост.).** Северо-Восток России (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
90. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 148–151.
91. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 151–155.
92. **Козьмин Б.М., Ларионов А.Г. (отв. сост.), Марченко Т.И., Захарова Ж.Г., Савинова Н.А., Денегга Е.Г.** Якутия (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
93. **Коломиец А.С., Нахшина Л.П. (отв. сост.).** Восточная часть Балтийского щита (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
94. **Коломиец А.С., Баранов С.В.** Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 168–171.
95. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И.** Беларусь // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 172–180.
96. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И (отв. сост.).** Беларусь (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
97. **Надёжка Л.И., Сафронич И.Н. (отв. сост.), Пивоваров С.П., Савенков А.В., Сорокин Б.А., Семёнов А.Е., Колесникова С.И.** Воронежский кристаллический массив (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
98. **Старовойт О.Е., Надежка Л.И., Дубянский А.И., Сафронич И.Н., Пивоваров С.П., Савенков А.В.** Некоторые черты строения Воронежского кристаллического массива и первые результаты сейсмических наблюдений на его территории // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 156–163.
99. **Аветисов Г.П.** Арктический бассейн // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 181–182.
100. **Аветисов Г.П.** Арктический бассейн (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
101. **Аветисов Г.П. (сост.).** Арктический бассейн (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).