

У. МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

УДК 550.348.436 (470.324)

КАРТА K_{min} НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Р.С. Михайлова

Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gstras.ru

Исследуются карты эпицентров землетрясений разных классов K_p [1] в пределах Воронежского кристаллического массива (ВКМ) с целью построения эмпирической карты энергетической представительности землетрясений K_{min} . Более слабые ($K_p=2.5-7.5$) землетрясения анализируются на площади $\varphi=49.3-53.3^\circ N$, $\lambda=37.0-43.0^\circ E$, более сильные ($K_p=7.6-10.0$) рассматриваются в расширенных границах: $\varphi=45-55^\circ N$, $\lambda=35-45^\circ E$.

Исходным материалом для исследований послужили каталоги землетрясений ВКМ за 1998–2000 гг. и IX. 2003–X. 2005 гг. [2–7]. Каталоги были составлены по наблюдениям сети сейсмических станций ВКМ, состоящей из аналоговой станции «Воронеж» (VOR, $\varphi=50.73^\circ N$, $\lambda=39.20^\circ E$, $h_y=180$ м, $V_{max}=5000$), установленной 20.12.1996 г. [2], и цифровых станций «Дивногорье» (VORD, $\varphi=50.97^\circ N$, $\lambda=39.29^\circ E$, $h_y=94$ м, с 20.02.1998 г. [8]); «Сторожевое» (VRSR, $\varphi=50.21^\circ N$, $\lambda=39.19^\circ E$, $h_y=183$ м, с 08.08.1999 г. [9]); «Новохоперск» (VRHR, $51.20^\circ N$, $41.72^\circ E$, $h_y=98$ м, с ноября 2003 г.), «Россошь» (VRKR, $50.29^\circ N$, $39.52^\circ E$, $h_y=178$ м, с ноября 2004 г. [10]).

Для оконтуривания участков уверенной регистрации землетрясений разных классов были построены покласовые карты эпицентров. Соответствующие списки землетрясений даны в табл. 1–6. Представляет интерес исследовать карты эпицентров землетрясений разных классов с сохранением кодировки во времени с помощью разных обозначений.

Третий класс ($K_p=2.6-3.5$) представлен совокупностью из 20 землетрясений (табл. 1). Поле их эпицентров (рис. 1) «прижато» к цифровым сейсмическим станциям «Дивногорье» и «Сторожевое» к востоку от линии, их соединяющей. Основная группа толчков такой величины весьма компактна и на карте легко окаймляется кривой типа эллипс общей площадью $S=1590$ км². Четыре события лежат вне этой фигуры, вблизи станций «Воронеж» и «Новохоперск».

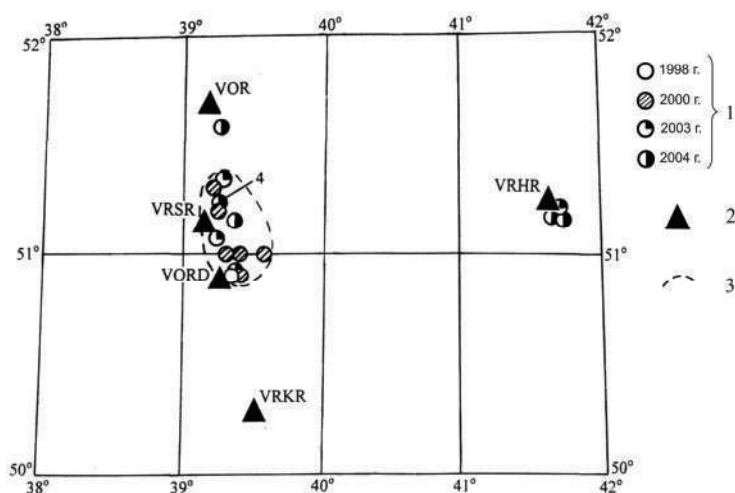


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений с $K_p=3$

1 – период наблюдений; 2 – сейсмическая станция; 3 – изолиния $K_{min}=3$.

Таблица 1. Список землетрясений с $K_p=3$ на территории ВКМ

№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
				φ°, N	λ°, E							φ°, N	λ°, E		
1	1998	27 02	23 31 45	50.9	39.3	2	3.5	11	2003	18 11	20 27 48.2	51.22	41.67	1	2.9
2	2000	02 11	16 40 49	51.31	39.24	1	3.5	12	2004	09 10	01 02 38	51.57	39.20	1	3.5
3	2000	16 03	03 27 11	51.24	39.15	1	3.4	13	2004	28 06	00 46 37	50.91	39.31	1	3.2
4	2000	05 07	01 20 42	51.01	39.29	2	3.4	14	2004	24 07	18 56 13	51.19	39.28	1	3.2
5	2000	23 02	01 56 01	50.96	39.55	1	3.2	15	2004	11 10	06 21 49	51.24	39.19	1	2.8
6	2000	20 06	02 20 14	50.96	39.38	1	3.1	16	2004	01 12	06 36 05	51.18	39.18	1	2.8
7	2000	02 06	14 29 20	50.94	39.33	1	2.6	17	2004	01 12	06 42 49	51.19	39.16	1	2.8
8	2003	06 09	15 49 29.3	51.16	39.21	1	3.5	18	2004	01 12	06 36 58	51.19	39.23	1	2.7
9	2003	27 11	09 31 04.5	51.30	39.19	1	3.5	19	2004	13 09	19 12 47	51.20	41.69	1	2.6
10	2003	18 11	16 11 08.3	51.15	39.20	1	2.9	20	2004	16 09	17 19 10	51.18	41.70	1	2.6

Четвертый класс ($K_p=3.6-4.5$) получен для совокупности землетрясений объемом $N=14$ (табл. 2), одиннадцать из которых логично расположены вблизи диполя цифровых станций «Дивногорье» и «Сторожевое» на площади в два раза большей ($S=3520 \text{ км}^2$), нежели для событий 3-го класса. Еще три события такой величины зарегистрированы и локализованы в 2004–2005 гг. вблизи станции «Новохоперск» (рис. 2).

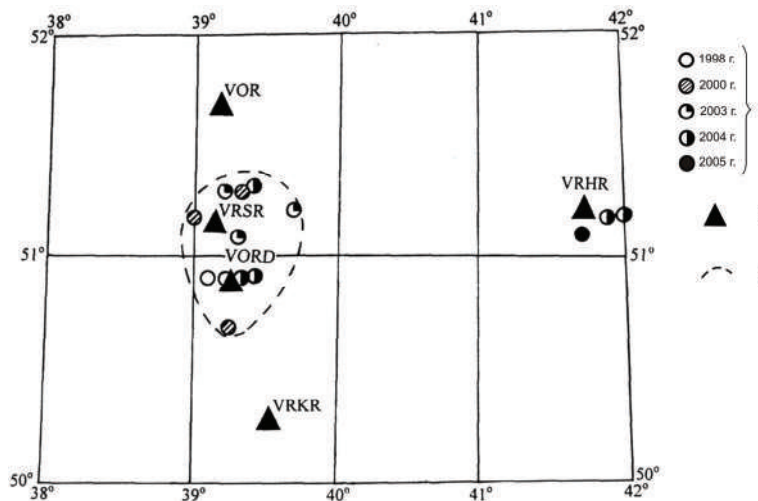


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений с $K_p=4$

1 – период наблюдений; 2 – сейсмическая станция; 3 – изолиния $K_{\min}=4$.

Таблица 2. Список землетрясений с $K_p=4$ на территории ВКМ

№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
				φ°, N	λ°, E							φ°, N	λ°, E		
1	1998	26 02	01 18 54	50.9	39.1	2	3.8	8	2003	23 11	12 43 32.5	51.30	39.18	1	3.6
2	1998	27 02	16 59 00	50.9	39.2	1	3.8	9	2004	20 09	18 29 51	51.16	41.99	1	4.5
3	2000	24 10	01 43 14	51.32	39.28	3	4.4	10	2004	07 10	00 03 16	51.28	39.28	1	4.3
4	2000	20 02	15 12 41	51.24	38.98	1	4.0	11	2004	17 06	00 49 35	50.91	39.34	1	3.9
5	2000	17 02	15 02 01	50.73	39.21	1	3.9	12	2004	10 10	02 45 22	51.23	41.86	1	3.9
6	2003	05 09	13 06 31.0	51.20	39.70	1	3.6	13	2004	05 07	01 59 52	50.93	39.39	1	3.6
7	2003	19 11	16 30 57.7	51.14	39.29	1	3.6	14	2005	03 09	19 16 07	51.10	41.72	1	4.5

Пятый класс ($K_p=4.6-5.5$) определен для 14 событий (табл. 3), карта эпицентров которых ясна и понятна. Поле их эпицентров (рис. 3) очень логично расположено вблизи и симметрично диполя указанных выше станций, не приближаясь, как и в двух предыдущих случаях, к аналоговой станции «Воронеж». Размер площади фигуры, близкой к эллипсу, описанной вокруг эпицентров на исследуемом энергетическом срезе $K_p=5$, составляет $S=7075 \text{ км}^2$.

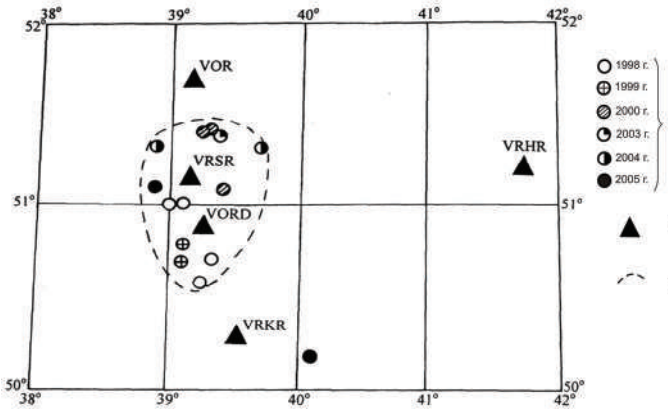


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений с $K_p=5$

1 – период наблюдений; 2 – сейсмическая станция; 3 – изолиния $K_{min}=5$.

Таблица 3. Список землетрясений с $K_p=5$ на территории ВКМ

№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
				φ°, N	λ°, E							φ°, N	λ°, E		
1	1998	21 04	06 46 15	51.0	39.1	3	5.4	8	2000	12 03	03 21 05	51.37	39.28	1	5.3
2	1998	27 02	01 29 35	51.0	39.0	2	5.3	9	2000	26 02	17 21 24	51.10	39.41	1	5.2
3	1998	26 02	01 08 37	50.6	39.2	2	5.0	10	2003	26 11	22 09 24.1	51.38	39.35	1	5.1
4	1998	27 02	23 41 10	50.7	39.3	2	5.0	11	2004	06 01	02 41 47.0	51.32	39.68	5	5.3
5	1999	11 01	17 17 03	50.8	39.1	1	5.2	12	2004	06 01	00 54 09.2	51.33	38.86	3	4.9
6	1999	18 05	13 25 56	50.7	39.1	1	5.0	13	2005	23 04	00 36 23	50.25	40.15	3	5.5
7	2000	31 03	08 57 19	51.39	39.24	1	5.4	14	2005	18 03	11 08 26.7	51.14	38.94	1	5.3

Шестой класс ($K_p=5.6-6.5$) приспан 29 толчкам (табл. 4), которые, наконец, «отрываются» в пространстве от трех сейсмических станций «Воронеж», «Сторожевое», «Дивногорье» к северу, востоку и югу, следуя при этом принципу, «чем позже, тем дальше», в связи с введением в строй действующих станций «Новохоперск» и «Россошь». Это приводит, естественно, к существенному увеличению (более чем в 6 раз) площади регистрации землетрясений с $K_p=6$ до $S=31530 \text{ км}^2$. Особо следует отметить наблюдаемый на карте факт экранирования землетрясений некоей границей северо-северо-западного простирания, где их просто нет (рис. 4). Это приводит к асимметричности контура, окаймляющего эпицентры.

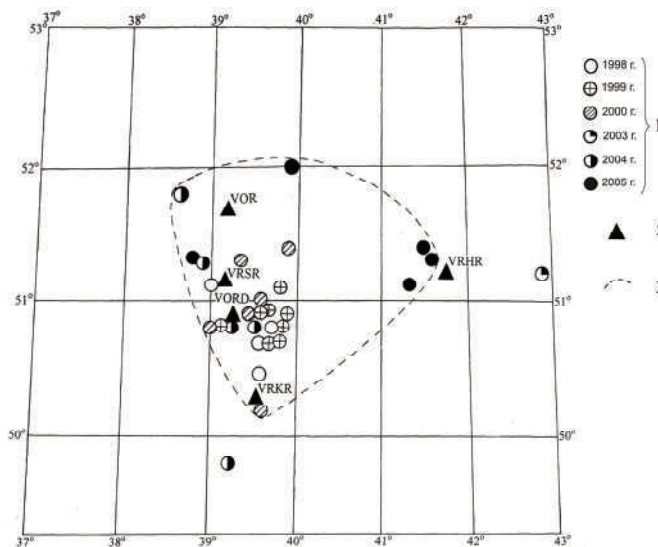


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений с $K_p=6$

1 – период наблюдений; 2 – сейсмическая станция; 3 – изолиния $K_{min}=6$.

Таблица 4. Список землетрясений с $K_p=6$ на территории ВКМ

№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
				φ°, N	λ°, E							φ°, N	λ°, E		
1	1998	14 04	01 06 06	50.8	39.0	2	6.5	16	2000	20 02	13 58 09	50.69	39.64	2	5.9
2	1998	30 03	08 49 17	51.1	39.0	3	6.3	17	2000	18 02	12 59 24	51.02	39.57	1	5.7
3	1998	25 03	18 24 37	50.6	39.6	3	6.1	18	2000	16 06	08 23 54	50.86	39.40	2	5.7
4	1998	27 07	03 00 28	50.8	39.7	5	6.0	19	2003	30 12	21 07 25.7	51.21	42.93	5	6.3
5	1999	31 12	11 01 48	50.7	39.8	3	6.5	20	2004	09 11	08 53 34	50.81	39.48	1	6.5
6	1999	20 02	07 24 27	50.7	39.7	1	6.3	21	2004	19 11	13 53 02	50.81	39.16	2	6.3
7	1999	07 02	13 56 11	50.9	39.6	1	6.1	22	2004	08 10	22 11 07	51.30	38.86	1	6.1
8	1999	22 12	22 10 21	50.8	39.0	3	6.0	23	2004	10 10	00 15 12	51.78	38.65	1	5.9
9	1999	21 02	12 25 49	50.9	39.9	1	5.9	24	2004	04 11	07 39 18	49.84	39.02	3	5.6
10	1999	02 03	07 48 21	50.9	39.6	1	5.9	25	2005	29 03	12 25 31.4	52.01	39.89	3	6.5
11	1999	07 02	14 19 37	50.8	39.7	1	5.6	26	2005	11 05	17 23 56	51.36	41.54	2	6.2
12	1999	12 05	13 52 32	51.1	39.8	2	5.6	27	2005	14 04	04 18 17	51.35	41.58	2	5.7
13	2000	15 04	17 09 42	51.33	39.33	2	6.4	28	2005	01 06	15 54 36	51.14	41.29	2	5.7
14	2000	29 02	10 24 52	50.24	39.59	1	6.3	29	2005	11 08	00 15 58	51.38	38.86	4	5.6
15	2000	23 01	13 52 19	51.44	39.78	2	6.2								

Седьмой класс ($K_p=6.6-7.5$) определен для 80 событий (табл. 5), локализованных уже на значительной площади ($\approx 123800 \text{ км}^2$), близкой к размеру всего ВКМ. Тенденция во времени – «чем позже, тем дальше», просматривается (рис. 5) и связана с расширением сети.

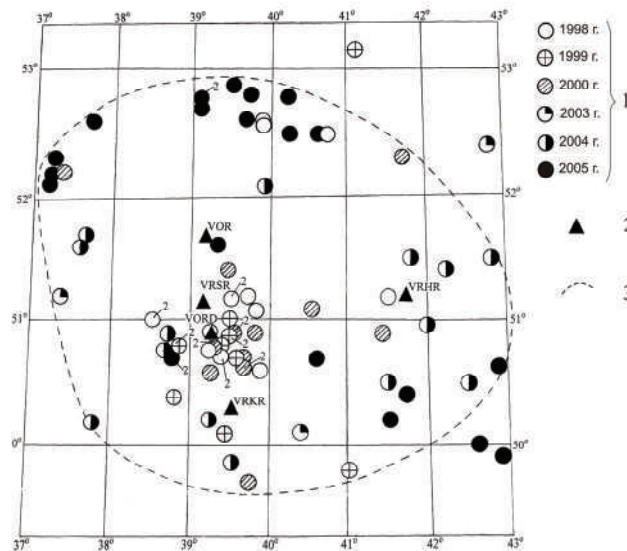


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений с $K_p=7$

1 – период наблюдений; 2 – сейсмическая станция; 3 – изолиния $K_{min}=7$.

Таблица 5. Список землетрясений с $K_p=7$ на территории ВКМ

№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
				φ°, N	λ°, E							φ°, N	λ°, E		
1	1998	17 04	07 55 21	52.6	39.9	1	7.5	10	1998	10 06	17 11 00	51.1	39.5	5	7.1
2	1998	20 12	08 58 23	51.0	38.5	2	7.5	11	1998	01 11	14 32 28	50.7	39.6	2	7.0
3	1998	24 10	00 59 14	50.6	39.5	2	7.4	12	1998	15 04	11 27 32	50.9	39.2	1	6.9
4	1998	05 11	13 25 51	50.8	39.3	3	7.4	13	1998	09 10	11 39 40	50.7	39.4	5	6.9
5	1998	03 06	10 54 13	51.1	39.8	5	7.3	14	1998	08 11	13 41 37	51.2	39.7	5	6.6
6	1998	15 08	14 39 40	51.2	39.5	5	7.3	15	1999	08 04	08 24 37	53.2	41.1	1	7.4
7	1998	17 12	11 03 56	52.5	40.7	2	7.3	16	1999	09 12	07 17 40	50.8	39.3	1	7.4
8	1998	20 12	08 08 53	51.0	38.5	2	7.3	17	1999	21 06	13 55 52	50.9	39.5	2	7.3
9	1998	29 12	12 47 55	52.6	40.0	2	7.3	18	1999	18 02	13 32 45	50.7	39.5	2	7.2

№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
				φ°, N	λ°, E							φ°, N	λ°, E		
19	1999	08 01	17 29 25	50.4	38.5	1	7.1	50	2004	03 01	10 33 24.5	51.56	37.59	1	7.0
20	1999	02 04	13 10 31	49.8	41.0	3	7.0	51	2004	15 01	19 25 17.1	51.72	37.75	2	7.0
21	1999	21 06	13 00 07	51.0	39.5	2	7.0	52	2004	03 02	10 57 31.1	51.46	42.80	3	6.9
22	1999	18 12	12 42 44	50.1	39.4	3	7.0	53	2004	16 03	12 21 20.8	49.85	39.49	5	6.9
23	1999	20 02	06 25 37	50.9	39.6	2	6.9	54	2004	02 06	08 43 54	52.13	39.90	5	6.9
24	1999	21 02	14 47 39	50.8	38.8	1	6.7	55	2004	12 10	20 58 41	51.54	41.83	1	6.9
25	1999	31 12	12 09 54	50.8	38.7	2	6.6	56	2004	20 10	15 51 17	51.38	42.21	4	6.9
26	2000	03 10	11 25 53	52.7	41.65	3	7.5	57	2004	12 05	09 50 53	50.51	41.47	5	6.8
27	2000	31 10	04 58 01	50.69	39.71	4	7.5	58	2004	16 03	12 54 48.3	50.16	39.20	4	6.7
28	2000	01 06	01 26 58	50.90	38.76	5	7.2	59	2005	04 02	11 19 15	49.96	42.89	3	7.5
29	2000	16 06	08 46 08	50.80	39.45	2	7.2	60	2005	14 03	14 01 34.0	52.77	39.13	2	7.5
30	2000	31 10	05 53 22	50.83	39.43	4	7.2	61	2005	24 03	13 42 11.1	52.76	39.14	4	7.5
31	2000	07 04	15 04 34	51.21	41.50	5	7.1	62	2005	26 05	04 02 41	50.44	41.66	5	7.5
32	2000	21 07	10 06 45	50.86	41.44	2	7.1	63	2005	14 06	16 30 28	50.69	38.78	2	7.5
33	2000	17 12	10 39 13	50.63	39.66	2	7.1	64	2005	30 09	10 23 03	52.33	37.23	4	7.5
34	2000	23 10	10 06 09	52.24	37.25	2	7.0	65	2005	26 08	14 00 54	52.57	37.69	2	7.4
35	2000	29 02	10 25 58	49.71	39.80	2	6.9	66	2005	15 01	20 58 32	50.61	42.89	3	7.3
36	2000	23 10	14 31 26	50.55	39.18	2	6.9	67	2005	24 02	11 43 42	52.72	39.14	5	7.3
37	2000	11 05	17 37 09	51.44	39.45	2	6.8	68	2005	09 03	14 03 16.3	52.52	40.61	5	7.3
38	2000	21 07	10 51 07	51.07	40.54	3	6.8	69	2005	14 03	11 34 04.4	49.98	42.62	4	7.3
39	2000	22 01	02 40 07	50.57	39.62	2	6.7	70	2005	21 09	12 29 02	52.61	39.66	3	7.2
40	2000	24 11	06 34 06	50.82	39.46	2	6.7	71	2005	22 09	09 28 31	52.91	39.49	5	7.2
41	2000	05 07	03 16 14	50.79	39.31	3	6.6	72	2005	10 01	06 36 37	50.75	38.71	1	7.1
42	2003	14 11	12 07 50.0	50.12	40.41	4	7.3	73	2005	18 02	13 28 16	52.21	37.16	3	7.0
43	2003	05 12	16 59 50.5	52.42	42.92	5	7.0	74	2005	03 03	13 06 18.8	52.13	37.17	5	7.0
44	2003	15 11	20 16 45.4	51.24	37.34	2	6.6	75	2005	29 03	12 26 57.3	52.76	39.69	5	7.0
45	2004	17 08	11 48 25	50.24	37.78	3	7.5	76	2005	07 05	20 04 48	50.22	41.55	5	6.9
46	2004	04 11	08 28 40	50.96	42.00	3	7.5	77	2005	02 07	08 01 49	52.50	40.23	2	6.8
47	2004	11 12	10 01 34	50.88	38.72	1	7.4	78	2005	03 08	12 52 08	51.59	39.35	2	6.7
48	2004	25 06	21 42 16	50.50	42.52	5	7.2	79	2005	09 08	09 40 15	52.79	40.17	5	6.6
49	2004	10 12	10 58 02	50.81	38.77	2	7.2	80	2005	23 08	17 20 04	50.70	40.57	2	6.6

Восьмой класс ($K_p=7.6-8.5$) определен для совокупности землетрясений объемом $N=44$, зарегистрированных как на территории ВКМ, так и вне ее. Контуры области регистрации землетрясений такой величины (рис. 6) надежны лишь для восточной части поля эпицентров, а на западе и юго-западе они держатся лишь на одном эпицентре, в связи с чем обозначены пунктирной линией, проведенной в некоторой мере по принципу симметричного дополнения. Тем не менее это поле реально, ибо реальны сами зарегистрированные землетрясения на уровне $K_p=8$ в табл. 6. Землетрясения более высокого энергетического уровня с $K_p \geq 9$, приведенные на рис. 6, в таком аспекте, как возможности их регистрации, здесь не рассматриваются.

Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений ВКМ и прилегающих территорий с $K_p \geq 8$

1 – энергетический класс $K_p=8, 9, 10$ соответственно; 2 – период наблюдений; 3 – сейсмическая станция; 4 – изолиния $K_{min}=8$ с разной степенью надежности (а, б).

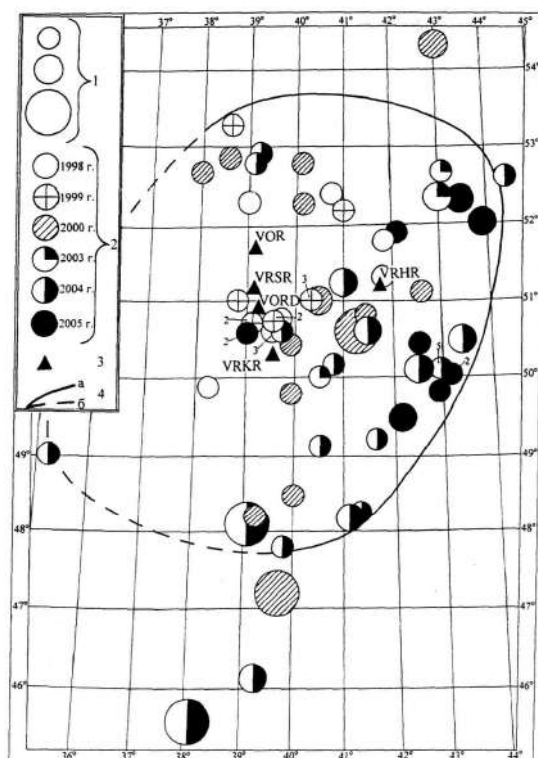


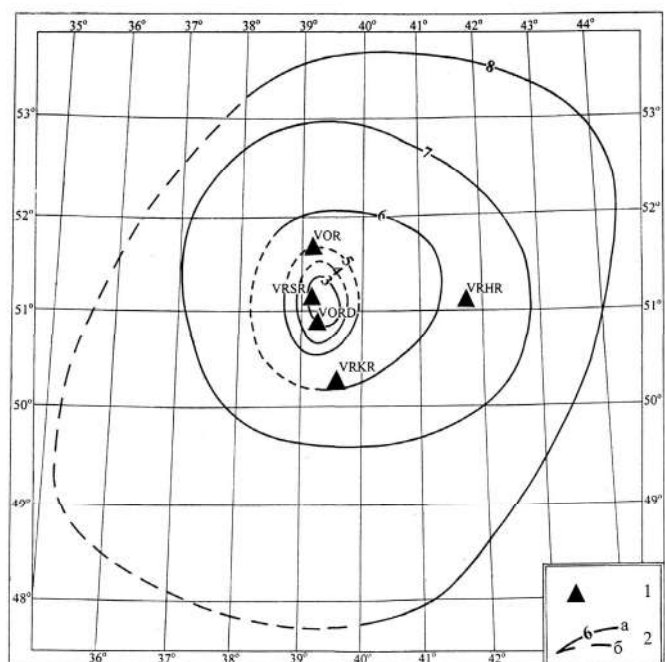
Таблица 6. Список землетрясений с $K_p=8$ на территории ВКМ

№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
				φ°, N	λ°, E							φ°, N	λ°, E		
1	1998	25 03	15 24 37	50.6	39.7	3	8.4	23	2000	21 07	03 25 51	50.75	41.39	2	7.8
2	1998	04 11	07 12 29	50.8	39.7	2	8.3	24	2000	24 02	15 10 51	50.40	39.94	3	7.7
3	1998	03 11	13 33 47	50.6	39.5	2	8.2	25	2000	26 06	09 33 43	51.12	42.62	5	7.7
4	1998	04 11	13 20 53	50.6	39.7	2	7.9	26	2000	06 09	09 45 57	52.71	38.04	3	7.6
5	1998	13 07	12 03 11	51.3	41.8	3	7.7	27	2000	10 10	11 39 33	52.25	40.08	2	7.6
6	1998	13 12	19 11 40	52.3	39.0	5	7.7	28	2003	19 11	11 27 50.5	50.02	40.46	3	8.5
7	1998	05 03	09 54 14	49.9	38.2	3	7.6	29	2004	15 04	09 43 27.6	52.78	39.11	2	8.5
8	1998	11 03	12 59 59	52.4	40.7	5	7.6	30	2004	20 09	18 31 49	50.17	40.82	5	8.2
9	1998	10 12	10 35 11	51.8	41.8	2	7.6	31	2004	27 12	11 20 50	50.12	42.97	3	8.0
10	1999	27 05	08 11 39	51	38.8	1	8.2	32	2004	11 03	10 55 26.0	50.02	42.96	3	7.9
11	1999	12 08	04 36 34	51.0	40.3	6	8.2	33	2004	06 02	11 51 09.3	49.85	42.93	5	7.8
12	1999	14 12	12 28 54	53.3	38.6	1	8.0	34	2004	16 02	11 13 03.0	49.97	42.56	10	7.8
13	1999	17 12	10 21 48	50.9	40.4	3	7.9	35	2004	17 03	11 33 55.4	49.99	42.90	3	7.8
14	1999	03 06	05 03 10	50.6	39.0	1	7.8	36	2004	16 10	09 32 38	52.91	39.16	5	7.8
15	1999	16 08	08 12 59	50.7	39.6	3	7.8	37	2004	25 10	04 46 00	50.61	39.38	1	7.6
16	1999	17 11	12 48 49	50.7	39.1	1	7.8	38	2005	15 01	07 07 29	50.58	39.23	1	8.4
17	1999	03 06	06 02 16	50.8	39.7	2	7.7	39	2005	02 07	08 05 43	51.93	42.09	2	8.4
18	1999	01 06	12 01 52	52.2	41.0	13	7.6	40	2005	14 05	10 03 18	49.94	42.97	2	8.2
19	1999	16 08	06 33 40	50.9	40.3	7	7.6	41	2005	17 01	05 16 23	50.58	39.06	3	8.0
20	2000	25 11	10 30 05	52.84	40.09	5	8.2	42	2005	29 07	10 19 18	50.06	42.99	5	8.0
21	2000	26 11	22 13 34	49.84	39.89	2	8.0	43	2005	21 02	10 08 55	50.42	42.46	5	7.9
22	2000	24 06	09 32 34	52.86	38.64	4	7.8	44	2005	21 02	10 09 49	51.01	41.50	1	7.7

Полученные размеры и конфигурации полей регистрации землетрясений разных классов имеют большое практическое значение в постановке режимных наблюдений сейсмичности исследуемой территории, поскольку они показывают области, где такие события реально регистрируются, иными словами, «представительны». Отметим сразу, что эти оценки могут быть только занижены относительно «истинных» полей представительности, поскольку «белые пятна» в пределах построенных карт эпицентров землетрясений разного энергетического уровня могут быть обусловлены их реальной асейсмичностью, хотя, в принципе, действующая сеть сейсмических станций позволяет зарегистрировать землетрясения на этих участках. В связи с этим построенные на рис. 1–6 изолинии зон уверенной регистрации для каждого уровня энергии землетрясений при их совмещении на рис. 7 несколько сглажены и разъединены на участках близкой их стыковки. При этом в решении данной задачи не очень важна природа зарегистрированного события, поскольку любой взрыв является таким же источником сейсмических волн, как и землетрясение. Поэтому, если при более тщательном анализе приведенных списков землетрясений некоторые из них окажутся взрывами, это не повлияет на полученные границы представительной регистрации землетрясений разных классов на территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ).

Рис. 7. Карта энергетической представительности землетрясений K_{min} на территории ВКМ в 1998–2005 гг.

1 – сейсмическая станция; 2 – изолиния K_{min} :
уверенная (а) и неуверенная (б).



Л и т е р а т у р а

1. 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.
2. 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 // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ГС РАН, 2004. (На CD).
3. 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 // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – На CD.
4. Пивоваров С.П. (отв. сост.), Надёжка Л.И., Сафронич И.Н. Каталог землетрясений ВКМ за 2000 г. Фонды ГС РАН, 2001.
5. Пивоваров С.П. (отв. сост.), Надёжка Л.И., Сафронич И.Н. Каталог землетрясений ВКМ за 2003 г. Фонды ГС РАН, 2004.
6. Пивоваров С.П. (отв. сост.), Надёжка Л.И., Сафронич И.Н. Каталог землетрясений ВКМ за 2004 г. Фонды ГС РАН, 2005.
7. Пивоваров С.П. (отв. сост.), Надёжка Л.И., Сафронич И.Н. Каталог землетрясений ВКМ за 2005 г. Фонды ГС РАН, 2006.
8. Надёжка Л.И., Сафронич И.Н., Пивоваров С.П., Ефременко М.А., Семенов А.Е., Сорокин Б.А. Воронежский кристаллический массив // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ГС РАН, 2004. – С. 178–184.
9. Надёжка Л.И., Сафронич И.Н., Пивоваров С.П., Сорокин Б.А., Золототрубова Э.И. Воронежский кристаллический массив // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 190–194.
10. Надёжка Л.И., Орлов Р.А., Сафронич И.Н., Пивоваров С.П., Савенков А.В., Дубянский А.И., Сорокин Б.А., Ефременко М.А., Семенов А.Е., Колесникова С.И., Золототрубова Э.И. Отчет о работе лаборатории сейсмического мониторинга Воронежского кристаллического массива за 2004 г. – Фонды ВГУ, 2005. – 49 с.