

II. МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ

УДК 550.348.098.32 (470.342)

ВЕРХОШИЖЕМСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 18 января 2000 года

с $MPSP=4.0$, $K_p=11.2$, $I_0=5$ (Кировская область)

И.П. Габсатарова, Л.С. Чепкунас

Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, ira@gsras.ru

Это землетрясение произошло 18 января в 04^h05^m в Кировской области, у истоков р. Шижма, впадающей в р. Вятка [1,2]. Оно было достаточно заметным для Восточно-Европейской платформы.

Его магнитуда по объемным волнам, определенная на четырех станциях «Обнинск», «Арти», «Кисловодск», «Сыктывкар» составила $MPSP=4.0$, а энергетический класс, рассчитанный с использованием шкалы Т.Г. Раутиан [3,4] по сейсмограммам аналоговой станции «Сыктывкар», соответствует $K_p=11.2$.

Исследуемое землетрясение стало одним из первых в этой области, зарегистрированных сетью сейсмических станций, расположенных не только на территории ВЕП и Урала, но и в других районах (рис. 1), что дало возможность достаточно уверенного определения его параметров по инструментальным данным. Согласно бюллетеню ISC [5], общее число записавших землетрясение станций составило $n=17$, а его параметры определены в четырех сейсмологических центрах (табл. 1).

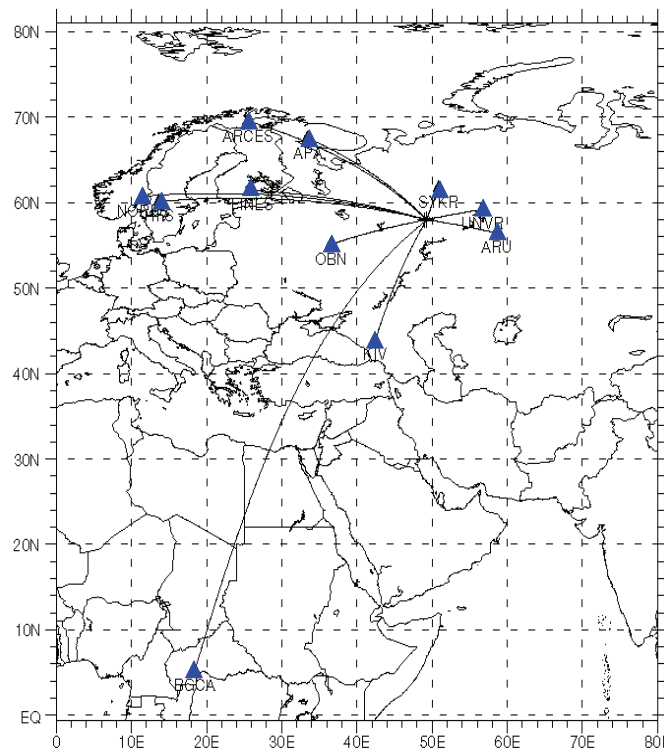


Рис. 1. Расположение сейсмических станций и групп, зарегистрировавших Верхошижемское землетрясение

В Оперативном сейсмологическом бюллетене [6] участвовало девять станций, из которых четыре принадлежали сети ГС РАН – «Арти» (ARU) с $\Delta=5.46^\circ$, $AZM=103^\circ$; «Обнинск» (OBN) с $\Delta=7.44^\circ$, $AZM=252^\circ$; «Апатиты» (APA) с $\Delta=11.86^\circ$, $AZM=330^\circ$; «Кисловодск» (KIV) с $\Delta=14.62^\circ$, $AZM=198^\circ$. Остальные сведения были получены по обмену из REB EIDC (EIDC – Experimental International Data Center, Arlington, VA 22209, U.S.A.; REB – Reviewed Event Bulletin of the EIDC – уточненный или пересмотренный бюллетень событий Экспериментального международного центра, Арлингтон, США) [7]. Это данные трех сейсмических групп (FINES – в Финляндии с $\Delta=12.01^\circ$, $AZM=296^\circ$; ARCES – в Норвегии с $\Delta=15.36^\circ$, $AZM=328^\circ$; NORES – в Норвегии с $\Delta=19.07^\circ$, $AZM=294^\circ$) и двух станций («Hagfors») (HFS) – в Швеции с $\Delta=18.11^\circ$, $AZM=292^\circ$ и «Bogoin» (BGCA) – в Центральной Африканской Республике с $\Delta=57.84^\circ$, $AZM=217^\circ$). Финская сейсмологическая сеть (код центра HEL [7]) зарегистрировала землетрясение девятью станциями на расстояниях $\Delta=9.8\text{--}13.7^\circ$ в узком азимутальном створе $AZM=290\text{--}321^\circ$. Обобщение имеющихся данных по этому землетрясению выполнено, как упомянуто выше, в Международном центре ISC, данные которого также даны в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры Верхошижемского землетрясения 18 января 2000 г. по данным разных агентств и макросейсмический эпицентр

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Эпицентр			Сеть			h , км	Магнитуда	Источник		
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	n	Δ_{\min}				Δ_{\max}	Gap
Оперативный сейсмологический бюллетень ГС РАН	04 05 40.7	2.85	58.033	0.24	48.962	0.12	9	5.5	57.8	136	10	$MPSP=3.7/1$	[6]
REB EIDC	04 05 42.00	1.41	58.06	0.36	49.27	0.14	4	5.3	57.96	136	0	$ML=3.6/3$, $m_b=2.9/1$, $MS=2.5/1$, $m_b=3.7/1$	[7]
HEL	04 05 47.6	0.4	58.34	0.05	48.99	0.06	9	9.8	13.70	329	10	$ML=3.2/4$	[7]
ISC	04 05 39.4	0.83	58.30	0.09	49.1	0.17	17	5.43	58.12	137	10	$m_b=3.8/1$	[5, 7]
Макросейсмический эпицентр			58.2	± 0.1	49.0	± 0.1							[1]

Примечание. В графе глубин даны их фиксированные значения, использованные при локации.

Эпицентры землетрясения, полученные разными центрами, и макросейсмический эпицентр изображены на рис. 2. Как видно из табл. 1, параметры хорошо согласуются между собой. Однако, согласно [7] они имеют большой эллипс ошибок.

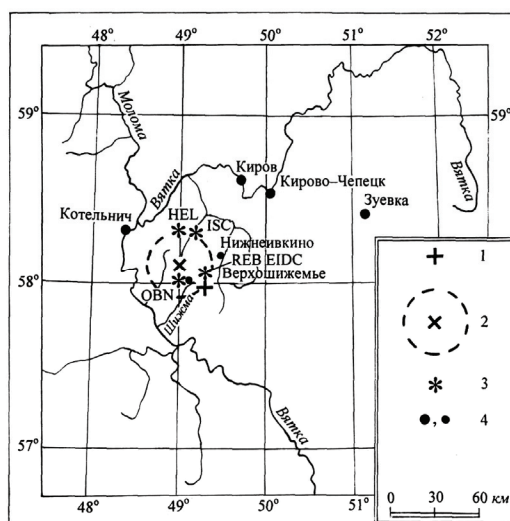


Рис. 2. Сопоставление решений эпицентра Верхошижемского землетрясения по данным разных центров

1 – уточненный инструментальный эпицентр по данным ГС РАН; 2 – макросейсмический эпицентр в пунктирном контуре возможных его положений; 3 – инструментальный эпицентр по данным других служб; 4 – населенный пункт (город и деревня соответственно).

Этот факт послужил причиной дополнительного сбора данных и уточнения параметров этого землетрясения (табл. 2). При уточнении за основу были взяты данные Сейсмологического бюллетеня [6], к которым добавлены данные станций «Сыктывкар» с $\Delta=3.81^\circ$, $AZM=10^\circ$ (аналоговая сейсмограмма) и «Уньва» (UNVR) с $\Delta=4.6^\circ$, $AZM=80^\circ$ (цифровая запись), ближайших к эпицентру. Данные этих станций были предоставлены Институтом геологии Коми НЦ УРО РАН и Горным институтом Пермского научного центра УРО РАН. В отличие от Сейсмологического бюллетеня [6], в котором при локации использовались только времена первых вступлений P -волн, при уточнении дополнительно были введены вторичные фазы, выделяемые на региональных расстояниях: P_n , P_g , S_n , L_g (пример выделения этих фаз на цифровых станциях «Уньва» и «Арти» показан на рис. 3).

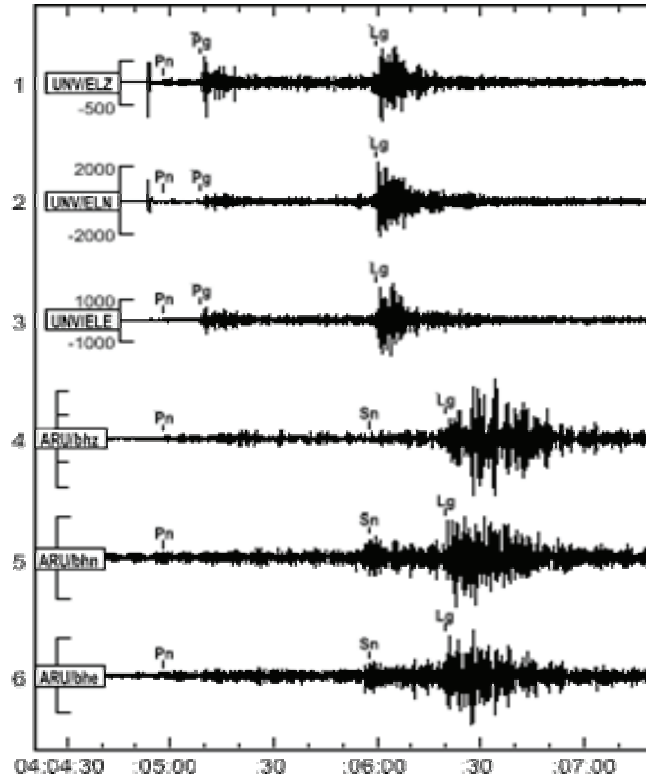


Рис. 3. Записи землетрясения 18 января 2000 г., фильтрованные в полосе 1–10 Гц на двух цифровых станциях – «Уньва» и «Арти», принадлежащих Горному институту Пермского научного центра РАН и ГС РАН соответственно

Кроме дополнительного сбора данных, для уточнения эпицентра представляло интерес опробование, вместо обобщенного годографа IASPEI–91, годографа для Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Последний годограф был построен в ходе выполнения работ по кинематической калибровке Международной сети сейсмических станций, формируемой организацией по Договору о Всемиром запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ), с использованием сейсмических фаз от калибровочных источников – мирных ядерных взрывов, произведенных на ВЕП за период 1965–1988 гг. [8]. Для уточнения локации применялась программа LocSat [9], позволяющая с различными весами использовать вторичные фазы, выделенные на сейсмограммах. Результаты полученного решения (табл. 2) также представлены на рис. 2 вместе с данными всех центров.

Таблица 2. Основные параметры Верхошижемского землетрясения 18 января 2000 г. по данным авторов с использованием годографа для ВЕП

Дата, д мес год	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Эпицентр				Сеть			h , км	Магнитуда	
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	n	Δ_{\min}	Δ_{\max}			Gap
18.01.2000	04 05 43.01	0.49	57.987	0.05	49.279	0.04	10	3.83	57.91	97	10f	$MPSP=4.0/4$, $K_p=11.2$

Для уточнения магнитуды по объемным волнам *MPSP* использовались данные четырех станций на расстояниях менее 20° и осредненная калибровочная функция [10]. Среднее значение *MPSP* составило 4.0 (табл. 2).

Макросейсмический эпицентр землетрясения согласно [1,2] находился в районе поселков Нижнеивкино и Верхошижемье. Подземный толчок сопровождался незначительными колебаниями почвы и ощущался жителями Адышевского, Кучелаповского и Коршиковского сельских округов. Анализ макросейсмических данных опубликован А.А. Никоновым в [1], ориентировочные координаты макросейсмического эпицентра, снятые им с карты масштаба 1:1 000 000, составляют – $\varphi=58.2^\circ\text{N}$, $\lambda=49.0^\circ\text{E} \pm 0.1$, значение интенсивности сотрясений в эпицентре $I_0=5$.

В тектоническом аспекте Верхошижемское землетрясение произошло вблизи зоны сочленения древней Восточно-Европейской платформы с молодой Тимано-Печорской платформой [11]. По [2] очаг землетрясения связан с подвижками блоков земной коры в нестабильной зоне одного из бортов Кировско-Кажимского авлакогена и имеет, несомненно, тектоническое происхождение. Названная сейсмическая зона относится к наиболее опасным в пределах Кировской области и Республики Коми, где по карте общего сейсмического районирования территории России ОСР-97-С [12] выделяются 6- и 7-балльные зоны (рис. 4). Исследуемое землетрясение с расчетным значением интенсивности сотрясений на уровне $I_0=5$ баллов, попадая на границу изолиний шести и пяти баллов (рис. 4), очень хорошо вписывается в данную карту, не нарушая прогнозных значений интенсивности I ожидаемых сотрясений по действующей ныне карте ОСР.

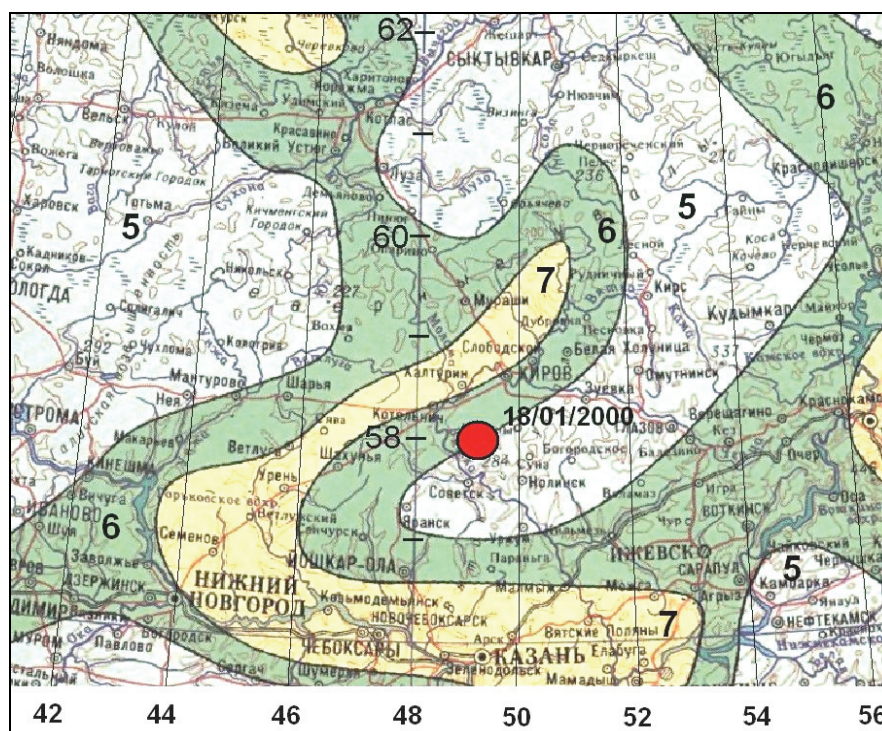


Рис. 4. Фрагмент карты ОСР-97-С [12] с отмеченным эпицентром землетрясения 18 января 2000 г.

Факт возникновения землетрясения в этом районе не является уникальным. «Вятские» землетрясения уже неоднократно (табл. 3) проявлялись в доинструментальный период. Положение их эпицентров и зафиксированная интенсивность сотрясений изображены на рис. 5.

Отметим, что для землетрясения №2 (09.03.1809 г.) в [14, 15] при одинаковых значениях координат гипоцентра имеются различия в магнитудах. Предпочтение отдано данным Специализированного каталога [15], как уточненным. Для землетрясения №3 (25.08.1897 г.) отмечают значительные расхождения в параметрах гипоцентра по разным источникам. В каталогах [14, 15] они одинаковые, но неуверенные (даны в скобках) и с большими погрешностями: $\varphi=62.5 \pm 2.0^\circ\text{N}$, $\lambda=55.0 \pm 2.0^\circ\text{E}$, $h=15$ км с разбросом от 7 до 30 км, $M=5.3 \pm 0.7$, $I_0=7$. Поэтому в табл. 3 приведены параметры макросейсмического эпицентра, снятые с карт в [16, 17], как более предпочтительные.

Таблица 3. Список землетрясений в исследуемом районе за 1795–2000 гг.

№	Дата, t_0	Эпицентр		h , км $\pm\delta h$	M $\pm\delta M$	I_0 , баллы $\pm\delta I$	Район	Источник
		φ° , N $\pm\delta\varphi$	λ° , E $\pm\delta\lambda$					
1	(16–28).06.1795	58.87 ± 0.1	50.82 ± 0.1	4 2–5	2.0 ± 0.3	4	Кировская область, р. Б. Холуница	[13]
2	09.03.1809 23 30 ± 1 час	58.5 ± 0.5	50.0 ± 0.5	10 ± 5	5 ± 0.5	6 ± 1	Окрестности г. Вятки	[14, 15]
3	25.08.1897 13 00 ± 1 час	59.0	50.10	10	5–5.2	7–8	Окрестности г. Вятки	[14–17]
4	13.03.1908	58.85 ± 0.2	51.5 ± 0.2	7 5–10	3 ± 0.3	4	г. Вятка и пос. Слободской	[13]
5	01.07.1908 07 41 ± 10 мин	57.7 ± 0.5	54.5 ± 0.5	10 ± 5	3.0 ± 1.0	5 ± 1	с. Б. Сосновское (Оханского уезда, Пермь)	[15, 17, 18]
6	13.05.1914	58.42 ± 0.2	48.78 ± 0.2	7 (5–10)	3 ± 0.3	4	Нижнее течение р. Вятки	[13]
7	31.12.1938	59.85 ± 0.5	52.8 ± 0.5	10 (8–16)	3.2 ± 0.5	4	Северо-восток Кировской области	[13, 18]
8	18.01.2000 04 05 43.0 ± 0.5 с	57.987 ± 0.05	49.279 ± 0.04	(10) ± 5	4.0 ± 0.5	(5.5) ± 0.5	Юго-запад Кировской области	табл. 2

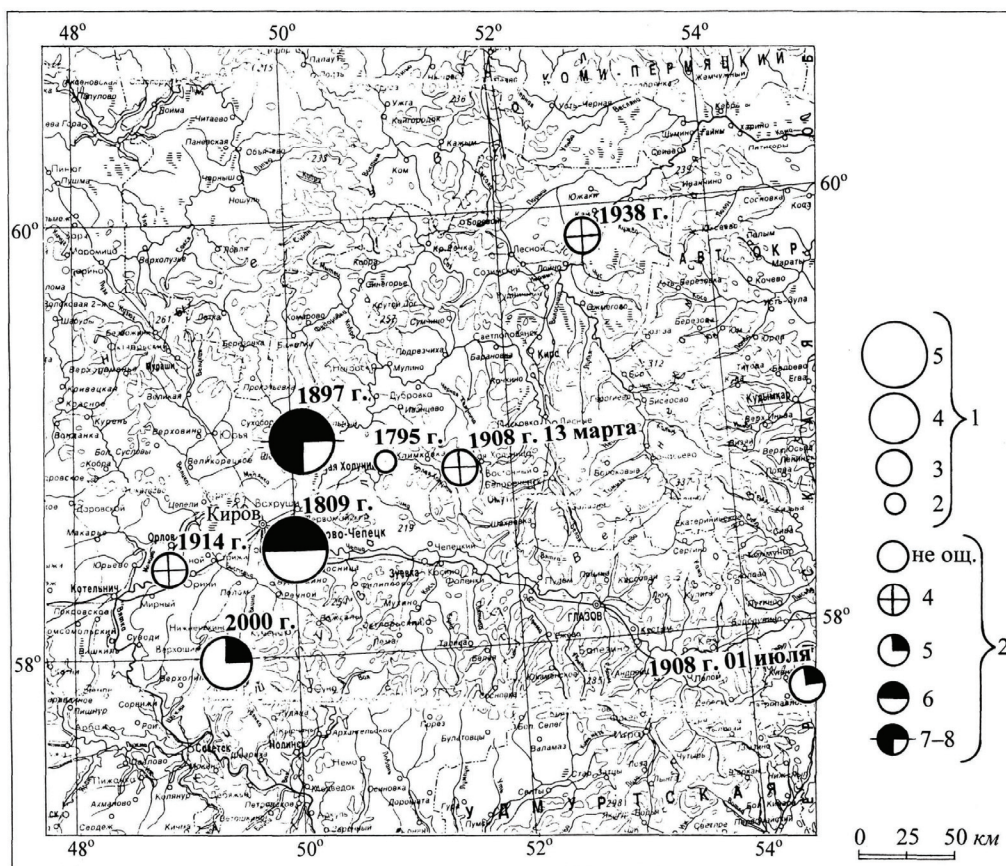


Рис. 5. Положение исторических очагов в Вятском крае с 1795 г. и эпицентра землетрясения 18 января 2000 г.

1 – магнитуда; 2 – интенсивность сотрясений в баллах.

Таким образом, эпицентр исследуемого землетрясения 18.01.2000 года располагался на границе двух зон интенсивности сотрясений шести и пяти баллов по карте сейсмического районирования ОСР-97-С (рис. 4). Это согласуется с полученными значениями балльности в эпицентре $I_0=5$ по макросейсмическим данным.

Кроме того, анализ расположения эпицентров всех рассмотренных землетрясений Вятского края, как исторических, так и современного события 18.01.2000 года (рис.5), показывает их приуроченность к зоне, вытянутой в направлении с юго–запада на северо–восток. Это согласуется с ориентацией 6–ти и 7–ми балльных зон сотрясений на карте сейсмического районирования ОСР-97-С [12] (рис. 4) и с положением Кировско-Кажимского авлакогена [11].

Л и т е р а т у р а

1. **Никонов А.А.** Два недавних землетрясения в Вятском крае // Вестник Вятского государственного педагогического университета. – 2004. – № 11. – С. 78–80.
2. **Удоротин В.В., Югова Н.Н., Арихина В.И.** Современные сейсмические процессы северо-востока Восточно-Европейской платформы // Строение, геодинамика и минерагенические процессы в литосфере (Материалы одиннадцатой Международной научной конференции, Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 20–22 сентября 2005 г. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2005. – С. 344–346.
3. **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.
4. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
5. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2000.** – Berkshire: ISC, 2002.
6. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2000 год /** Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ГС РАН, 2000–2001.
7. **ISC, HEL, REB EIDC – <http://www.isc.ac.uk/Bulletin/rectang.htm>**
8. **Кириченко В.В., Краев Ю.А.** Использование подземных ядерных взрывов, проведенных на Семипалатинском испытательном полигоне, для сейсмической калибровки центральной части Северной Евразии // Геофизика и проблемы нераспространения. Вестник НЯЦ РК. – Вып. 2. – Курчатова: НЯЦ РК, 2002. – С. 69–76.
9. **Bratt S.R., Bache T.C.** Locating events with a space network of regional arrays // Bull. Seism. Soc. Am. – 1988. – 78. – P. 780–798.
10. **Феофилактов В.Д.** Калибровочная функция для расчета магнитуды по объемным волнам на расстояниях менее 20°. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2005. – 10 с.
11. **Щукин Ю.К.** Глубинное строение и динамика земной коры Восточно-Европейской платформы в связи с проблемой ее сейсмичности // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 143–150.
12. **Уломов В.И., Шумилина Л.С.** Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1: 8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоактивных районах. – М.: ИФЗ РАН, 1999. – 57 с.
13. **Никонов А.А., Мокрушина Н.Г., Лубягина Л.И.** Исторические землетрясения Вятского края // Вестник Вятского государственного педагогического университета. – 2000. – № 2. – С. 76–78.
14. **Ананьин И.В. (отв. сост).** XIV. Европейская часть СССР, Урал и Западная Сибирь [1467–1974 гг.; $M \geq 3.0$; $I_0 \geq 4$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 465–470.
15. **Specialized catalogue of Earthquakes for North Eurasia /** Eds. N.V. Kondorskaya, V.I. Ulomov. <http://www.scgis.ru> systems of data bases. – М.: ОИФЗ РАН, 1996.
16. **Ананьин И.В.** К вопросу о проявлении некоторых землетрясений в восточной части Восточно-Европейской платформы // Исследования по сейсмической опасности (Вопросы инженерной сейсмологии, Вып. 29). – М.: Наука, 1988. – С. 119–124.
17. **Блинова Т.С.** Прогноз геодинамически неустойчивых зон. – Екатеринбург: Горный институт УрО РАН, 2003. – 146 с.
18. **Вейс-Ксенофонтова З.Г., Попов В.В.** К вопросу о сейсмической характеристике Урала. – М.-Л.: АН СССР, 1940. – 68 с.