

АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ

Ф.Н. Юдахин, В.И. Французова

В 1990 г. в Архангельске был создан Институт экологических проблем Севера при Уральском отделении РАН. В 1994 г. в составе Института организован Отдел наук о Земле, включающий пять лабораторий. В числе основных научных направлений Института и отдела выделяются изучение глубинного строения, динамики, сейсмичности и минерагении Арктического сегмента земной коры и исследование напряженного состояния земной коры по сейсмологическим данным. Основной сферой деятельности Института является Европейский Север России и прилегающие Арктические акватории, и, в первую очередь, территория Архангельской области.

Общие сведения о регионе, геологическое строение и тектоника.

Архангельская область является самым крупным объектом Федерации в Европейской части России. Площадь ее составляет 587,4 тыс. км². На территории области располагаются самые северные участки суши России – архипелаг Земля Франца-Иосифа, о-ва Новая Земля, Вайгач, Колгуев, Соловецкие и ряд более мелких островов. В состав Архангельской области входит Ненецкий национальный округ (площадь 176,7 тыс. км²) (рис. 1).

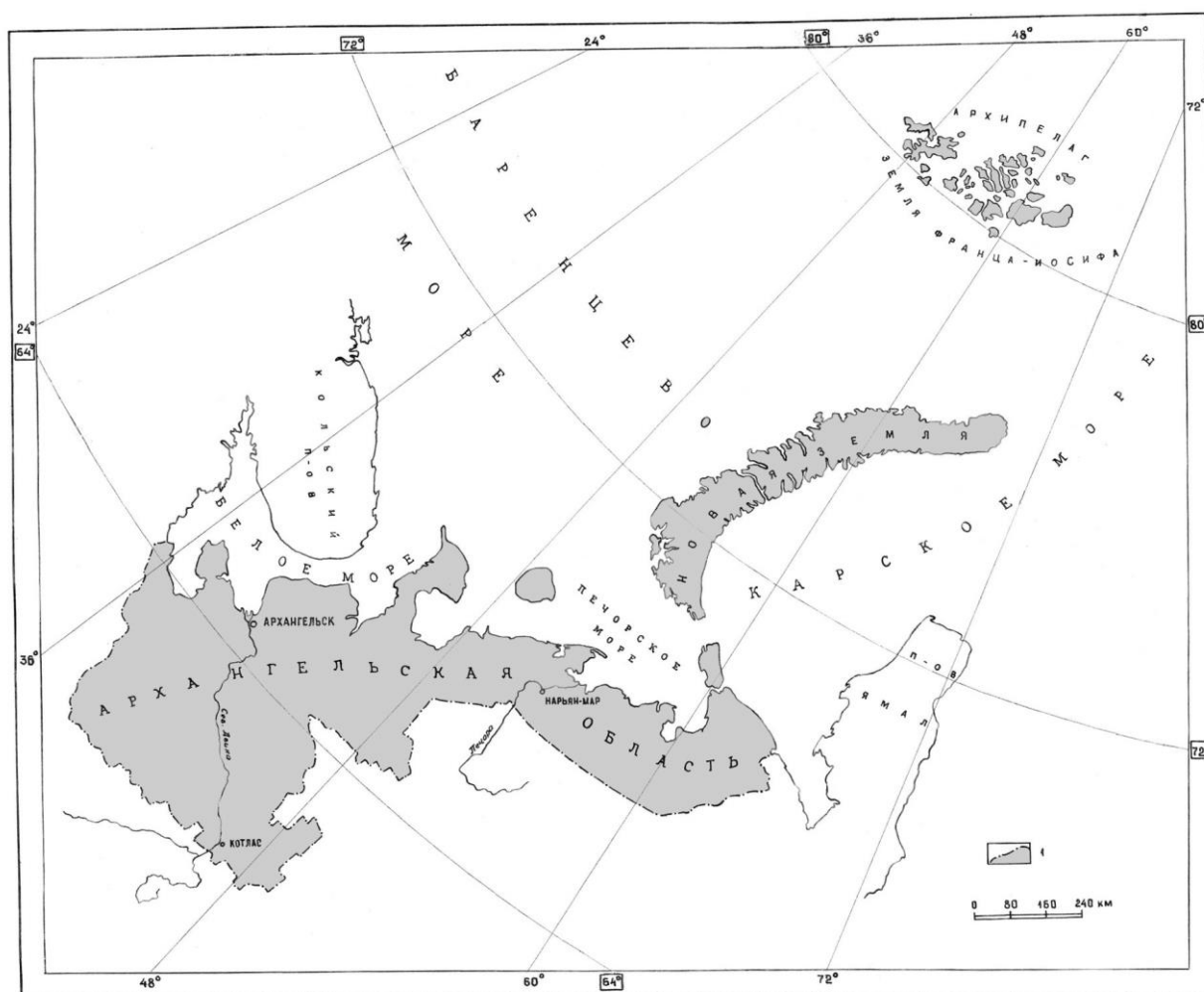


Рис. 1. Карта Архангельской области

1 – граница и территория.

Большая часть территории области характеризуется равнинным рельефом с высотами 200-250 м над уровнем моря. На его фоне выделяется несколько холмистых и грядовых возвышенностей: Ветренный пояс, Няндомская возвышенность, Тиманский кряж, Канин Камень, Пай-Хой, полого-холмистые гряды Большеземельской тундры (рис. 2).

Избыточное увлажнение в сочетании с равнинным рельефом, преобладанием слабоводопроницаемых грунтов определяет обилие поверхностных вод. Для Архангельской области характерна густая речная сеть, множество озер и болот. Крупнейшие реки области Печора и Северная Двина по водоносности уступают в Европейской части России только Волге [1].

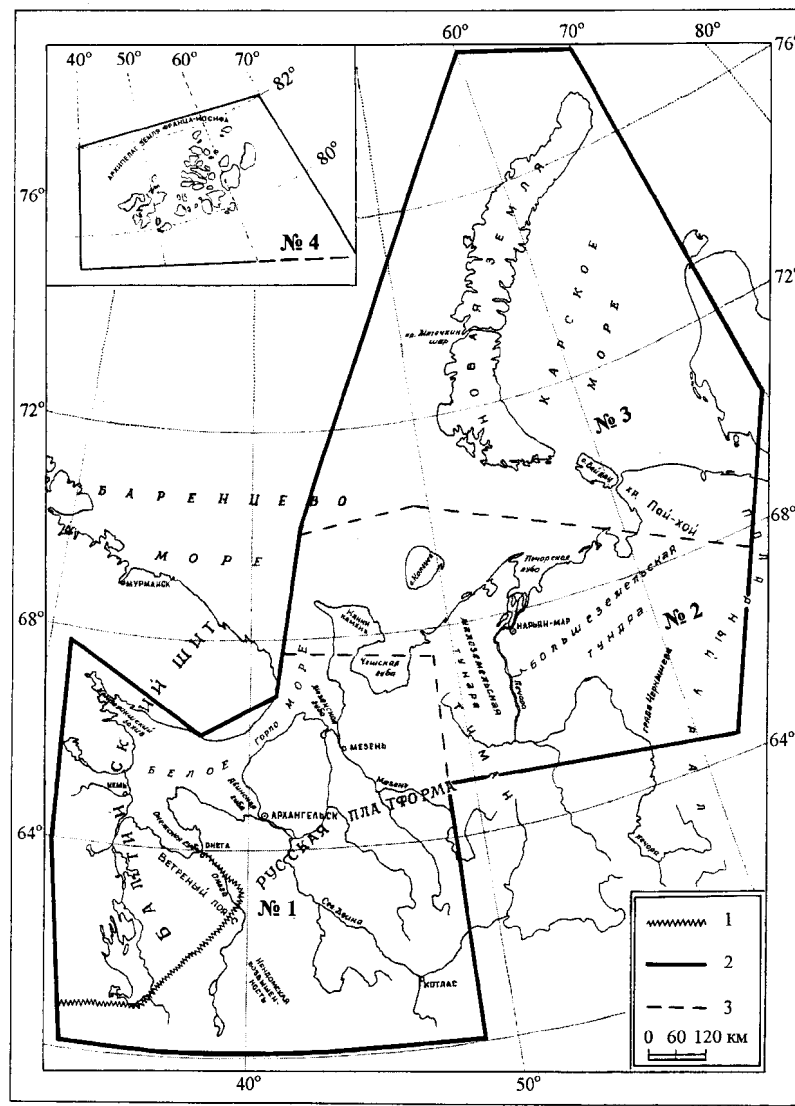


Рис. 2. Географическая карта территории и районов региона

1 – граница Балтийского щита; 2 – граница региона; 3 – граница района.

Большая часть территории Архангельской области относится к северной части древней Русской платформы. Формирование ее складчатого фундамента завершилось уже в среднем протерозое [2]. Впоследствии фундамент испытывал неоднократные преобразования, был разбит разломами, образование которых сопровождалось вулканическими излияниями, одни участки были приподняты, другие – опущены. В результате образовалась очень неровная поверхность фундамента. Самая высокая его часть выходит на поверхность в виде Балтийского щита, на остальной площади он перекрыт морскими и континентальными отложениями платформенного чехла, который также подвергался тектоническим деформациям. В нем выделяются узкие глубокие впадины (авлакогены), более широкие и пологие прогибы (синеклизы), обширные пологие поднятия (антиклизы). Мощность отложений осадочного чехла достигает в Мезенской синеклизе 4.5-5 км [2], в Уральском предгорном прогибе на востоке Русской платформы 7-10 км [3].

По геолого-геофизическим данным [3,4] докембрийский фундамент Русской платформы и ее покров принадлежат к двум крупным геоблокам – Карело-Кольскому и Белорусско-Балтийскому северо-западного простирания, оформившихся еще в позднем архее. Геоблоки разделены глубокопроникающими межблоковыми швами, в верхней части которых образуются прогибы различного генезиса, в частности, Кандалакшский грабен. Их пересекают почти под прямым углом более молодые по отношению к геоблокам наложенные активизированные структуры или разломно-блоковые зоны: Балтийско-Мезенская, протяженностью свыше 1200 км и Хибинская – свыше 900 км. К первой из них относятся разломы 6, 7, 8, 9, 10, ко второй – разломы 3, 4, 5 (рис. 3) [2,5,6].

Там, где Хибинская и Балтийско-Мезенская зоны пересекаются с разрывными нарушениями иных направлений, образуется наиболее высокая раздробленность блоков и повышенная сейсмичность. Сейсмичность рассматриваемой территории относится к категории внутриплитной, очаги землетрясений располагаются в пределах земной коры. Наиболее высокой сейсмичностью выделяется Балтийский щит. Главным фактором, определяющим сейсмичность щита, является сильное горизонтальное сжатие со стороны спрединга в Северной Атлантике, приводящее к ремобилизации древнего структурного плана [7]. Юго-западная часть щита входит в границы территории, исследуемой в данной статье (рис. 2).

До недавнего времени, к сожалению, в сборниках "Землетрясения Северной Евразии" сейсмичность Севера Европейской части России не рассматривалась, хотя этого требуют многие обстоятельства. В последние годы здесь начаты или планируются в ближайшем будущем интенсивная разработка месторождений нефти и газа как на суше, так и прилегающем шельфе, строительство нефте- и газопроводов,

терминалов для загрузки танкеров; скопилось значительное количество отработавших свой срок атомных подводных лодок с невыгруженными реакторами, ведется поиск мест для надежного захоронения ядерных отходов, функционирует государственный космический полигон "Плесецк". Указанные обстоятельства требуют знаний о современных геодинамических процессах, которые в первую очередь отражаются в проявлениях сейсмичности на изучаемой территории.

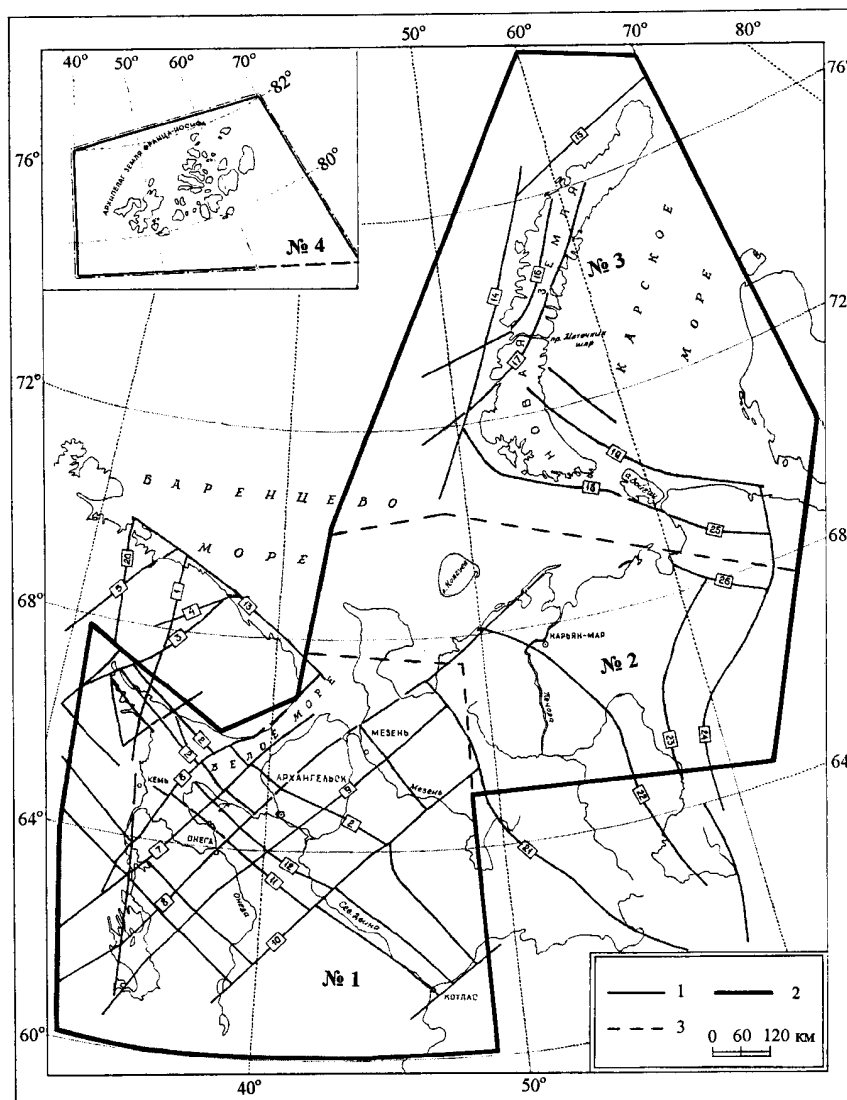


Рис. 3. Карта главных тектонических разломов на территории региона

1 – разлом и его номер; 2 – граница региона; 2 – граница района. Названия разломов: 1 – Выгоро-Гирвасский, 2 – Кандалакшский, 3 – Панаярви-Рыдинский, 4 – Нарвско-Лавозерский, 5 – Туломский, 6 – Приморско-Стрельнинский, 7 – Псковско-Горлобеломорский, 8 – Ленинградско-Зимнебережный, 9 – Псковско-Мезенский, 10 – Крестецкий, 11 – Неблагора-Онежский, 12 – Двинской, 13 – Мурманский, 14 – Предновоземельский, 15 – Малый Карский, 16 – Главный Новоземельский, 17 – Русановский, 18 – Вайгачский, 19 – Байдарацкий, 20 – Печенгский, 21 – Западно-Тиманский, 22 – Припечорский, 23 – Западно-Уральский, 24 – Главный Уральский, 25 – Припайхойский, 26 – Вашуткино-Толотинский.

Эта статья представляет некоторые предварительные итоги анализа накопленных к настоящему моменту сведений о сейсмичности Севера Европейской части России, в основном относящихся к территории Архангельской области, уже частично освещенные в [8].

Анализ сейсмичности проводился для площади, ограниченной многоугольником со следующими координатами угловых точек: 60.05°N-33.0°E, 64.0°N-31.5°E, 67.8°N-31.0°E, 66.1°N-37.9°E, 66.9°N-41.2°E, 70.1°N-42.5°E, 78.7°N-60.0°E, 79.3°N-40.0°E, 82.0°N-40.0°E, 82.0°N-70. °E, 78.0°N-70.0°E, 70.2°N-70.0°E, 64.6°-61.7°E, 65.0°N-48.8°E, 60.0N-48.8°E. С учетом характерных сеймотектонических особенностей региона его территория может быть условно разделена на четыре района: **Беломорско-Двинский (№1)**, включающий южную часть Кольского п-ва, Карелию и бассейн р. Северная Двина; **Тимано-Печерский (№2)**, охватывающий бассейн р. Печора, Большеземельскую тундру, гряды Чернышева; **Новоземельско-Пайхойский (№3)**, включающий хр. Пай-Хой, о-ва Новая Земля и Вайгач, **архипелаг Земля Франца-Иосифа (№4)** (рис. 2.3).

Инструментальные наблюдения сейсмичности в регионе связаны, в основном, с сетью Кольского регионального сейсмологического центра (КРСЦ). Сведения о параметрах станций КРСЦ в табл. 1 даны в соответствии с [9], где указано, что даты открытия и закрытия шести станций "Апатиты", "Амдерма", "Полярные зори", "Полярный круг", "Кемь" уточнены по сейсмограммам архива КРСЦ. Что касается сейсмической станции "Умба", то сейсмограммы этой станции в архиве КРСЦ отсутствуют. Имеющиеся сведения показывают, что "эта станция работала эпизодически и очень короткие промежутки времени, поэтому дата закрытия остается под вопросом" [9].

Таблица 1. Сведения о сейсмических станциях КРСЦ за период 1956 – 1995 гг.

№	Станция		Дата открытия	Координаты		h, м	Тип станции
	Название	Код		φ°,N	λ°,E		
1	Апатиты	APA	29.02.1956 01.10.1992	67.56	33.44	182	Аналоговая Цифровая с широкополосным датчиком Gularp
2	Апатиты - ARRAY	AP0	1992	67.60	32.99	180-245	Geotech S-500 Короткопериодные сейсмометры с цифровой регистрацией Группа из 8 сейсмометров
3	Амдерма закрыта 15.05.1996	AMD	22.07.1983 04.12.1993	69.73	61.66	5	Аналоговая Цифровая с короткопериодным датчиком Geotech S-500
4	Полярные зори закрыта 17.07.1992	PLZ	19.03.1987	67.40	32.53		Цифровая Gularp GMS-40 Аналоговая
5	(Умба) закрыта ?	UMB	1987	66.68	34.24		Аналоговая
6	Полярный круг закрыта 27.08.1998	PLQ	02.06.1988	66.41	32.75	120	Аналоговая
7	Кемь закрыта 08.03.1992	KEM	03.08.1988	64.95	34.6		Аналоговая

Параметры аппаратуры не приводятся в связи с тем, что за столь длительный период времени они не были постоянными.

Краткая характеристика исходных данных

Каталоги землетрясений. Заметим сразу, что для увеличения объема данных для данного исследования к землетрясениям Архангельской области добавлены события некоторых районов "Восточной части Балтийского щита", непосредственно примыкающих к Кандалакшскому грабену. Дополнительная часть территории обозначена на рис. 4 точечной линией. Главными источниками фактического материала при составлении исходного списка землетрясений, приведенного в конце статьи в качестве Приложения, служили сводные каталоги [10-21], ежегодники [21-28] и некоторые отдельные статьи [29-32]. В указанном списке для каждого землетрясения дан только один вариант параметров, а именно из приоритетного каталога. Приоритетность конкретного каталога определялась из соображений проведенной при его создании унификации магнитуд и увязки параметров землетрясений из разных источников. В случае, когда сведения о землетрясении имеются в нескольких источниках, дополнительные данные вынесены в графу "Примечания" с соответствующими ссылками.

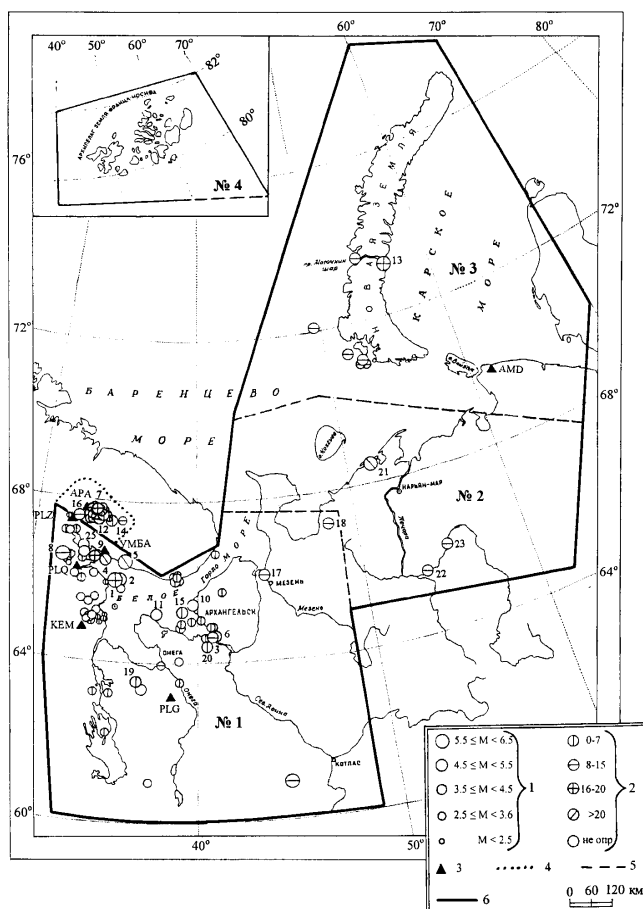


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений региона за период 1542-1995 гг.

1 – магнитуда; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4 – контур добавленной площади для увеличения объема данных; граница региона; 5 – граница района; 6 – граница региона. Числа возле эпицентров соответствуют номерам землетрясений графы 1 Приложения.

Погрешности параметров землетрясений. Сведения о погрешностях параметров землетрясений в Приложении заимствованы из вышеуказанных каталогов без изменений, ибо переопределение параметров не проводилось. Рассмотрим их в отдельности.

Погрешность δt_0 времени в очаге (графа 4) дана либо численно из ([12,13,18]), либо классами точности a, b, c [11,14-16], A, B, C, D, E [20]. Эти классы соответствуют следующим значениям δt_0 : $a \leq 2^s$, $b \leq 5^s$, $c > 5^s$, $A < 15^m$, $B < 60^m$, $C, D < 180^m$, $E > 180^m$, при этом δt_0 варьирует в широких пределах: для инструментальных данных – $1-2^s$, иногда $> 5^s$, для исторических – от нескольких часов до суток и более. Часто, особенно в [20], δt_0 не указывается.

Погрешности $\delta \varphi, \delta \lambda$ определения эпицентра в [12,13,18] даны численно (в долях градуса), в [11,14-16,20] – классами A, B, C , соответствующими $A \leq 0.2^\circ, B \leq 0.5^\circ, C > 0.5^\circ$ в [11,14-18] и $A < 0.2^\circ, B < 1.0^\circ, C > 1.0^\circ$ в [20]. В каталоге [19] погрешность координат обозначается dR и дана в км, но во многих случаях значения погрешности отсутствуют.

Глубины очагов, как правило, являются сугубо оценочными, основанными на суммарной инструментальной и макросейсмической информации [16,33,34]. Для многих, прежде всего, слабых ($M < 3.0$) землетрясений ошибки глубины очагов не определены.

Магнитуды землетрясений. Проблема магнитуд для землетрясений за длительные интервалы наблюдений всегда сложна. Прежде всего, это связано с большим количеством магнитудных шкал, используемых в разные периоды времени и в различных сейсмологических центрах, причем получить информацию об этих шкалах подчас затруднительно. По этой причине предпочтительно использовались магнитуды из каталогов, где магнитуды в какой-то мере унифицированы. В этом смысле к наиболее приоритетным следует отнести [18], в котором в качестве опорной принята магнитуда MLH , определяемая по формуле $MLH = \lg(A/T) + 1.661 \lg \Delta + 3.3$, где A – максимальная амплитуда, T – период колебаний на сейсмограмме, Δ – эпицентральное расстояние, а все другие магнитуды приведены к MLH путем пересчета из макросейсмической магнитуды, из магнитуды по продольной волне на среднепериодной аппаратуре ($MPVB$) и на короткопериодной аппаратуре ($MPVA, ML, mb$), из магнитуды по поперечной волне (MSH), по поверхностной волне (MS или MLV), по длительности записи (Md или $M\tau$), по коде (Mc) [18].

Сводка формул для оценки магнитуд землетрясений Фенноскандии, в том числе и для землетрясений Архангельской области, с пояснениями и ссылками представлена в табл. 2.

Таблица 2. Сводка формул для оценки магнитуды землетрясений Северо-Восточной части Балтийского щита

Формула	Пояснение	Ист
$M(S, км^2) = 2.7 + \lg S$	S -площадь осязчивости в тыс. км ² .	[11]
$I_0 = 1.5 MLH - 3.5 \lg H + 3.0$	I_0 -балльность в эпицентре, H -глубина очага (уравнение макросейсмического поля)	[14]
$M(S, км^2) = 0.2 + 2 \lg R$	R -радиус ареала осязчивости в км.	[16]
$MLH = (0.93 \pm 0.02) m_b + (0.1 \pm 0.1)$	m_b -магнитуда, рассчитываемая по вертикальной составляющей волны P на коротко-периодной аппаратуре $4.2 \leq m_b \leq 5$	[17]
$MLH = 2.13 m_b - 5.8$	$m_b > 5$	[17]
$ML = (0.75 \pm 0.02) m_b + (0.74 \pm 0.11)$	ML -локальная магнитуда из сводок ISC , рассчитываемая по максимуму поверхностной или поперечной волны близких и местных землетрясений	[17]
$MLH = \lg(A/T) + 1.661 \lg \Delta + 3.3$	A -максимальная амплитуда, T -период колебаний на сейсмограмме, Δ -эпицентральное расстояние	[18]
$MLH = 1.64 m_b - 3.55$	m_b -магнитуда, рассчитываемая по вертикальной составляющей волны P	
$MLH = 2.27 ML - 6.43$	ML -локальная магнитуда из сводок ISC , рассчитываемая по максимуму поверхностной или поперечной волны близких и местных землетрясений	
$\lg E = 9.5 + 3.2 \lg H + 1.1 I_0$	Формула Б.Гутенберга и Ф.Рихтера, где E -энергия, выделившаяся в очаге (в эрг), H -глубина очага (в км), I_0 -балльность в эпицентре	[34]
$m_b = 0.43 M_{dAPA} + 2.54$	Уравнение регрессии, связывающее магнитуду m_b землетрясений в сводках ISC с магнитудой M_{dAPA} по дальности регистрации землетрясений на сейсмограммах сейсмической станции Апатиты(APA): $N=23, D=0.1, R=0.86$	[35]
$M_{dBER} = 0.72 ML_{BER} + 0.92$	Уравнение регрессии, связывающее магнитуду по длительности записи близких и местных землетрясений на сейсмограммах сейсмостанции Берген с локальной магнитудой: $N=1241, D=0.42, R=0.64$	"--"
$M_{dBER} = 1.19 M_{dAPA} - 0.9$	Уравнение регрессии, связывающее магнитуду M_{dBER} с M_{dAPA} : $N=93, D=0.2, R=0.9$	"--"
$ML_{BER} = 1.37 M_{dAPA} - 1.59$	Уравнение регрессии, связывающее магнитуды ML_{BER} и M_{dAPA} : $N=38, D=0.3, R=0.85$	"--"
$ML_{UPP} = 1.08 M_{dAPA} - 0.51$	Уравнение регрессии, связывающее магнитуды ML_{UPP} -магнитуду по длительности записи на сейсмограммах станции Уппсала с магнитудой M_{dAPA} : $N=625, D=0.3, R=0.82$	"--"
$MLV = 0.98 MLH + 0.07$	Соотношение, связывающее магнитуду по амплитуде и периоду максимальной фазы поверхностных волн соответственно на вертикальном и горизонтальном каналах	"--"
$ML(P) = \lg A + 1.61 \lg \Delta - 1.9$ $ML(S) = \lg A + 1.61 \lg \Delta - 2.6$ $M_d = 0.875 + 0.0012 \Delta + 0.8463 \lg \tau$	A - максимальная амплитуда волны в мм, Δ -эпицентральное расстояние в км, τ -длительность записи в секундах при $\Delta < 130$ км от начала вступления волны P до конца, где запись становится невидимой	[36]
$ML(BER) = 1.0 \lg A_{z_{max}} + 0.91 \lg r + 0.00087 r - 1.67$	$A_{z_{max}}$ – максимальная амплитуда записи S - или L -волн на Z -компоненте, r – гипоцентральное расстояние, км.	[37]
$Md(BER) = -3.0 + 2.6 \lg \tau + 0.001 \Delta$	Где $\tau = T - t_p$ - длительность записи землетрясения в секундах, Δ , км – эпицентральное расстояние	"--"
$M_b = 0.9 Md(BER) + 1.18$	m_b -магнитуда, рассчитываемая по вертикальной составляющей волны P	"--"

Вопросы унификации магнитуд для землетрясений Арктического региона, Балтийского щита, акватории Баренцева моря также подробно рассматриваются в работах [17,35]. В [17] в качестве опорных приняты магнитуды MLH и mb , поскольку первая использовалась при массовых определениях до 1964 г., вторая является энергетической характеристикой большинства слабых землетрясений. Там же получены

корреляционные формулы пересчета в MLH магнитуды m_b землетрясений из сводок ISC (International seismological Centre) с $4.2 < m_b < 5$ и с $m_b > 5$ (см. табл.2).

В [34] для вычисления магнитуд инструментальных землетрясений использовалась формула: $M = \lg(A/T) + \sigma(\Delta)$, где A – максимальная амплитуда Р-волн в микронах, T – период в с, $\sigma(\Delta)$ – калибровочная функция, рассчитанная для $\Delta \leq 20^\circ$. Поскольку для большей части исторических землетрясений Фенноскандии в исходных источниках сообщается радиус ареала осязтимости, то для примерной оценки магнитуды этих землетрясений использовалась зависимость вида [11]: $M_{SKM}^2 = 2.7 + \lg S$, где S – площадь ареала распространения осязтимых ($I_0 > 2$) сотрясений в тыс. км². Кстати, аналогичная зависимость получена Ананьиним И.В. [38]. Позже эта формула преобразована в вид [16]: $M_{SKM}^2 = 0.2 + 2 \lg R$, где R – радиус ареала осязтимости в км (табл. 2). В службе КРСЦ для оценки величины магнитуды слабых ($M < 3$) землетрясений северо-востока Балтийского щита использовалась локальная магнитуда M_L и магнитуда по длительности записи M_d [27]. Встречающиеся в каталоге [20] локальные магнитуды M_{LW} , M_{LA} рассчитывались по шкале, разработанной в Центре Университета Хельсинки [39].

Оценка погрешности δM в определении величины MLH для инструментальных землетрясений проводилась по стандартной методике, описанной в [33]. При пересчетах различных магнитуд в MLH погрешность составляет $\delta M = \pm 0.5$ и более [18]. В других каталогах оценок δM не имеется.

Интенсивность сотрясений I_0 в эпицентральной зоне взята из каталога [18], по шкале MSK-64 [40] по уравнению макросейсмического поля для Европейской части СССР [41], погрешность δI_0 оценивалась также по стандартной методике и составляет в основном $\delta I_0 \pm 1$ балл [18]. В других каталогах такие оценки отсутствуют.

Пространственно-временное распределение землетрясений. Общее число землетрясений в полученном итоговом списке (см. Приложение) за 1542-1995 гг. составило 121. Распределение их по магнитудам дано в табл. 3.

Таблица 3. Распределение землетрясений Архангельской области и прилегающих районов за 1542-1995 гг. по магнитудам

Магнитуда	0.6-1.5	1.6-2.5	2.6-3.5	3.6-4.5	4.6-5.5	5.6-6.5
Число событий	10	18	60	30	2	1

Анализ распределения землетрясений по магнитуде (табл. 2, Приложение) показывает, что количество осязтимых землетрясений ($I_0 \geq 4$, $M \geq 3.6$) в выборке составляет ~30%, наиболее сильное землетрясение 20.05.1627 г. с $M=6.3$ зафиксировано только одно. Обращает на себя внимание малое количество слабых толчков. Очевидно, это связано с отсутствием на территории региона наблюдательной сети, действующие же отечественные и зарубежные сейсмические станции расположены на значительных расстояниях от региона.

Анализ распределения землетрясений **Беломорско-Двинского района (№1)** по годам в течение 1958-1995 гг. (рис. 5) позволил выявить значительное количество сейсмических событий, происшедших в 1988-1990 гг. Кстати, заметим, что аналогичная сейсмическая активность отмечена и в Мурманской области [42]. Однако вполне вероятно, что выявленная сейсмическая активность явилась следствием значительного числа взрывов, произведенных в указанное время на территории Архангельской и Мурманской областей и ошибочно включенных в каталоги землетрясений. Об этом в какой-то мере свидетельствуют данные графиков рис. 6, где представлено число сейсмических событий, зарегистрированных в течение 1988-1990 гг. на территории Балтийского щита и акватории Баренцева моря в зависимости от времени в очаге. Из графиков видно, что значительное число событий зарегистрировано в дневное время (08^h-14^h по Гринвичу).

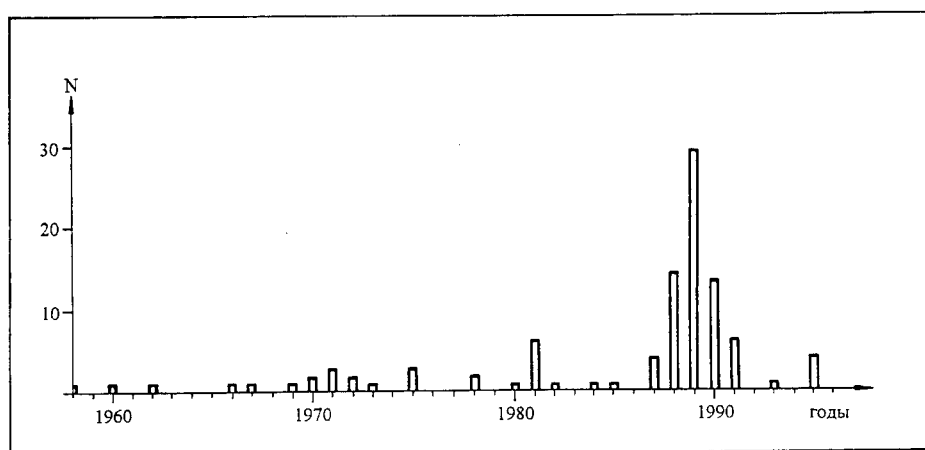


Рис. 5. Распределение землетрясений Беломорско-Двинского района по годам в течение 1958-1995 гг.

В Беломорско-Двинском районе сконцентрированы наиболее значительные по энергии землетрясения (рис. 4), особенно на краевых участках Кандалакшского грабена и в поперечной к нему Балтийско-Мезенской трансблоковой зоне. В последней зоне наиболее выражена приуроченность очагов к узлам пересечения Псковско-Горлобеломорского, Ленинградско-Зимнебережного, Псковско-Мезенского разломов с Кандалакшским, Неблагора-Онежским, Двинским и Западно-Тиманским разломами.

К зоне Кандалакшского грабена, к его северному и южному бортам, приурочено более десятка осязтимых землетрясений, наиболее значительные из которых пронумерованы в графе 1 Приложения и показаны с теми же номерами на карте рис. 4. Это следующие землетрясения – 1 (1542 г., $M=4.4$ [18,29]); – 2 (20.05.1627 г., $I_0=8$ баллов, $M=6.3$ [18,30]); – 4 (05.06.1873 г., $I_0=4$ балла, $M=4.0$ [18]); – 5 (30.06.1911 г., $t_0=07^h 10^m$, $I_0=5-6$ баллов, $M=4.9$ [18,31]); – 7 (08.08.1955 г., $t_0=07^h 20^m$, $I_0=5$ баллов, $M=4.0$ [18,20]); – 8 (04.07.1962 г., $t_0=18^h 55^m$, $I_0=4-5$ баллов, $M=4.5$ [18]).

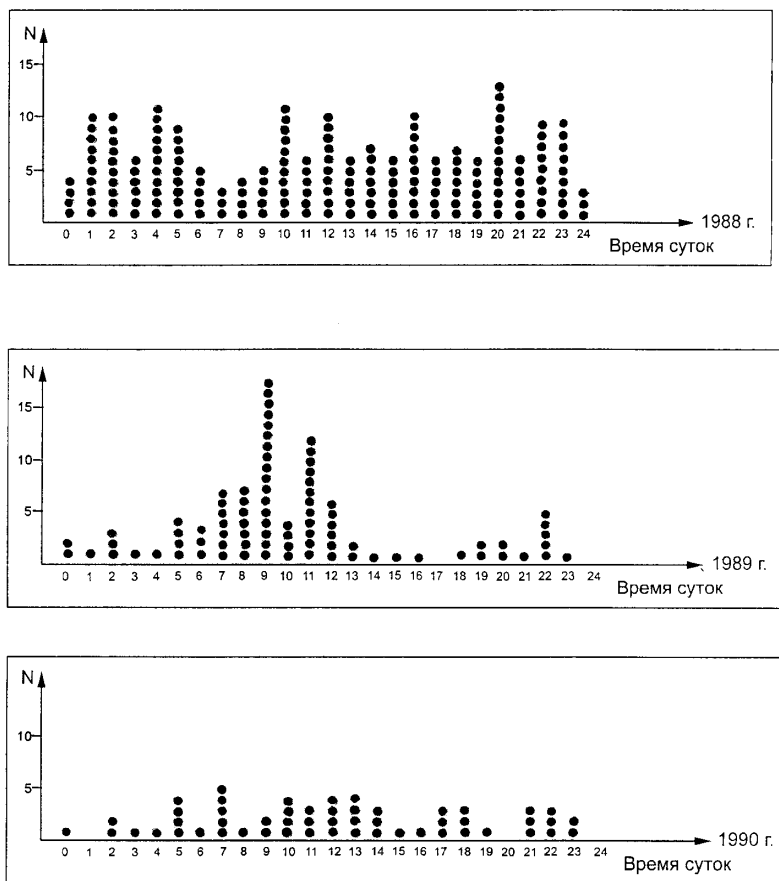


Рис. 6. Распределение числа сейсмических событий, зарегистрированных на Балтийском щите и Баренцевом море по временам их возникновения за период 1988-1991 гг.

Кандалакшское землетрясение (9 на рис. 3), произошедшее 20.05.1967 г., имеет магнитуду по разным источникам от 3.9 до 4.8, интенсивность в эпицентре 5-6 баллов, глубину очага $h=17$ км [18,32]. Для него получено решение механизма очага типа взбросо-сдвига с большим преобладанием взбросовой компоненты. Напряжение сжатия северо-западного направления близгоризонтально и направлено вкрест простирания разломов, напряжение растяжения имеет значительную вертикальную составляющую и направлено по простиранию разломов [43].

На территории зоны отмечены и более слабые землетрясения, значительное их количество зарегистрировано около г. Кемь [16,20].

В г. Архангельске и в непосредственной близости от него, в акваториях Двинской губы и Горла Белого моря, зафиксированы ощутимые землетрясения: 3 – (16.08.1847 г. с $I_0=5$ баллов, $M=4.0$ [18]), 6 – (04.03.1935 г. с $M=3.5$ [20]), 10 – (23.01.1970 г.), 11 – (07.08.1975 г.), 15 – (11.08.1989 г.), 22 – (17.08.1990 г. с $M=3.7-3.8$) и множество более слабых толчков, происшедших в течение 1988-1990 гг ($M=3.0-3.4$) (рис. 4. Приложение, [22-25]).

При исследовании сейсмичности в Кандалакшской зоне, включающей территории Кандалакшского залива с северным и южным берегами, Кандалакшского грабена, Двинской и Онежской губ вплоть до г. Архангельска, удалось выявить закономерность в пространственно-временной локализации ощутимых ($I_0 \geq 4$, $M \geq 3.5$) землетрясений. Она заключается в циклическом, т.е. замкнутом в течение некоторого конечного промежутка времени, названного циклом миграции, двунаправленном (по и против часовой стрелки) проявлении сейсмичности в пределах зоны. На территории Кандалакшской зоны за период 1847-1995 гг. выделено четыре таких цикла. Схематически циклы представлены на рис. 7,а-г.

Первый цикл продолжался с 1847 г. по 1935 г. Перемещение эпицентров в пределах первого цикла следовало по часовой стрелке от г. Архангельска (землетрясение 16.08.1847 г. с $M=4.0$) вдоль южного борта Кандалакшского грабена к эпицентру землетрясения 05.06.1873 г. ($M=4.0$) и далее по северному борту к локализации землетрясения 30.06.1911 г. ($M=4.9$) и к эпицентру землетрясения 04.03.1935 г. ($M=3.5$) в г. Архангельске (рис. 7,а). Длительность этого цикла 88 лет.

Миграция очагов во втором цикле 1935-1970 гг. происходила против часовой стрелки, сначала по северному землетрясению 08.08.1955 г. с $M=4.0$, затем по южному (04.07.1962 г., $M=4.5$) и (20.05.1967 г., $M=3.9$) бортам грабена. Закончился цикл землетрясением 10.05.1970 г. с $M=3.8$ в Двинской губе (рис. 7,б). Продолжительность второго цикла 35 лет.

Третий цикл продолжался с 1970 г. по 1989 г. Перемещение эпицентров в нем происходило вновь по часовой стрелке сначала по южному (землетрясение 07.08.1975 г. с $M=3.7$), затем по северному (29.08.1982 г., $M=3.7$) и (10.06.1988 г., $M=4.2$) бортам грабена. Цикл завершился землетрясением 11.08.1989 г. с $M=3.7$ в акватории Двинской губы (рис. 7,в).

Четвертый цикл начался 10.08.1989 г. ($M=3.7$) и к 13.01.1995 г. ($M=3.7$) эпицентр сместился (против часовой стрелки) в район Кандалакшского берега (рис. 7,г).

Выявленное чередование направлений перемещения эпицентров в циклах свидетельствует, возможно, о некоторой закономерности развития сейсмического процесса, которая выражается в определенной последовательной реализации землетрясений по бортам Кандалакшского грабена.

Отмечена миграция очагов и вдоль Балтийско-Мезенской трансблоковой зоны. По имеющимся данным выделен один цикл (1935-1990 гг.) миграции эпицентров землетрясений (рис. 7, д). В течение цикла перемещение очагов отмечено от г. Архангельска в северо-восточном направлении к г. Мезень (23.01.1936 г. с $M=4.5$) и далее к северо-восточной окраине зоны, к эпицентру землетрясения 15.09.1971 г. ($M=3.9$) с возвратом в юго-западную ее оконечность вблизи г. Онега (24.10.1987 г., $M=4.0$) и с последующей миграцией эпицентра в конечный пункт, находящийся юго-западнее г. Архангельска (17.08.1990 г., $M=3.7$). Продолжительность цикла 55 лет.

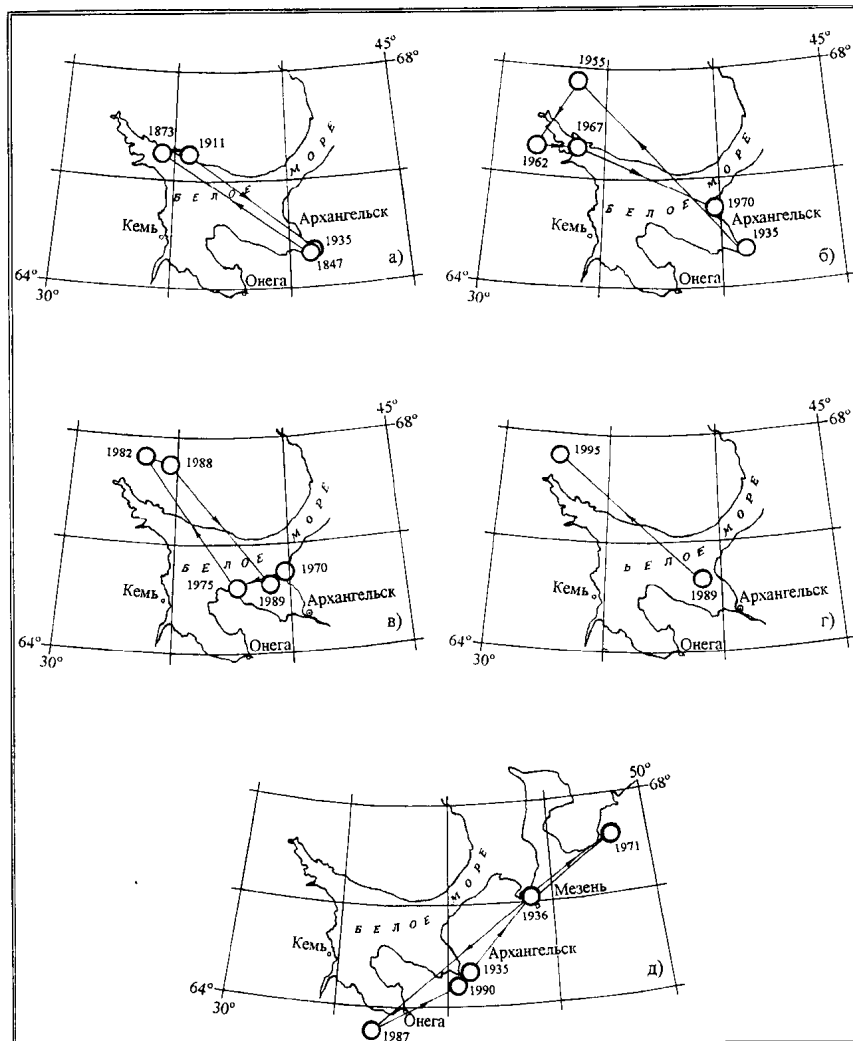


Рис. 7. Схематическое представление циклов миграции очагов землетрясений Канда拉克шской (а-г) и Балтийско-Мезенской (д) сейсмогенных зон: а – первый цикл 1847-1935 гг., б – второй цикл 1935-1970 гг., в – третий цикл 1970-1989 гг., г – четвертый цикл 1989-1995 гг., д – цикл в Балтийско-Мезенской зоне 1935-1990 гг.

В Тимано-Печорском районе (№2) до 1995 г. по макросейсмическим данным выявлено только два землетрясения в бассейне р. Печора, происшедшие 20.04.1914 г. в $16^{\text{h}}00^{\text{m}}$ с $I_0=4$ балла, $M=3.5$ и в июне 1915 г. с $I_0=5$ баллов, $M=3.5$.

В Новоземельско-Пайхойском (№3) районе сейсмичность невысока. Она отмечена только в южной оконечности архипелага Новая Земля и в районе пролива Маточкин Шар (рис. 4). Проявление сейсмичности здесь связывается с узлами пересечения разломов запад-северо-западного и север-северо-восточного простираний. Наиболее значительным из событий, происшедших в районе пролива Маточкин Шар, является землетрясение 01.08.1986 г. с $MLN=4.4$, зарегистрированное мировой сетью, со средней глубиной очага $h=21\pm 8$ км [21]. Для этого землетрясения получено решение механизма очага, свидетельствующее о взбросовой подвижке по субмеридиональной плоскости разрыва, наклоненной к горизонту под углом 42° [17].

Пространственно-временное распределение землетрясений в архипелаге Земля Франца-Иосифа (№4) в настоящей статье не рассматривается. До сих пор анализ сейсмичности в этом районе проводился в рамках Арктического региона [44].

В 1995 г. на территории Севера Европейской части России произошло два землетрясения [45]. Первое землетрясение, зарегистрированное 9 ноября в $01^{\text{h}}10^{\text{m}}$ с $M=3.6$ (глубина не определена), отмечено сейсмической службой Финляндии в акватории Кандалакшского залива. Второе по данным каталога зарегистрировано службой ISC 14 ноября в $15^{\text{h}}25^{\text{m}}$ с магнитудой $M=4.8$ ($h = 33$ км) в Тимано-Печорском районе (северо-западнее г. Нарьян-Мар). В остальной части региона землетрясения не зарегистрированы.

В заключение отметим, что результаты анализа вариаций сейсмичности в регионе Севера Европейской части России свидетельствуют о наличии значительной сейсмической активности, в связи с чем возникает настоятельная необходимость создания на его территории наблюдательной сети для проведения сейсмического мониторинга среды в целях уменьшения сейсмического риска для промышленных предприятий и населения Архангельской области.

Приложение I. Список землетрясений для исследования сейсмичности Севера Европейской части России (1542-1995 гг.)

№	Дата		t ₀ , ч м с	δt ₀ , с	Эпицентр		h, км	Магнитуды			I ₀ , балл	P-н	Примечания и ссылки
	год	д м			φ°, N	λ°, E		MLH M _I	MPVA m _b	M _L M _d M _Δ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1542				66.0	35.0	15	4.4 _I				1	M _I =4.4 [20]
2	1627	20.05			66.0	35.5	20±20	6.3±0.3			8±1	1	[18,46]
24	1829	31.08	23-30		61.0±1.0	44.5	10±10	4.5±0.7			6±1	1	[18]
3	1847	16.08	07		64.6±0.5	40.8±0.5	10±10	4.0±1.0			5±1	1	[18]
4	1873	05.06			66.5	34.5±1.0	25±25	4.0±1.0			4±1	1	[18]
5	1911	30.06	07-10-20		66.5	35.5±0.5	25±25	4.9±1.0			5-6	1	[18]; M _I =2.9 [20]
22	1914	20.04	16-00	6ч	65.5±1.0	53.5±1.0	15±15	3.5±1.0			4±1	2	[18]
23	1915	.06			66.0	55.0±0.5	10±10	3.5±1.0			5±1	2	[18]
6	1935	04.03			64.6	40.8±0.5	2	3.5 _I			1	1	M _I =3.5 [20]
17	1936	23.01	05	1ч	66.0±0.2	44.0±0.2	10±10	4.5±0.5			6±1	1	[18]
	1948 ¹	23.09		C	67.7	33.6±0.5	11	4.0			1	1	dR=100км; M _{S,км} ² =4.0 [19]; M _I =3.0 [20];
7	1955 ²	08.08	17-20-59		67.7±0.5	33.6±1.0	20±20	4.0±1.0			5±1	1	[18]; M _{S,км} ² =3.5; ощущалось на S=7500км ² ; I ₀ =4 [11,19]
	1955 ³	31.08	21-15	B	67.7	33.6±0.2		~3.0			1	1	M _{S,км} ² =~3.0, ощущалось с I ₀ =3-4 балла [19]; M _I =2.9 [20];
	1958	17.01	09-42-23	5.0	65.6±0.2	34.4±0.2	10±10	3.0±1.0			4±1	1	[18]
	1960 ⁴	09.02	21-07-31	a	67.6	33.6±0.2	8	~2.7			1	1	M _{S,км} ² =2.7, ощущалось на S=1000км ² ; I ₀ =3-4 [11,19]
8	1962	04.07	18-55-43.7	2.3	66.6	31.9	15±15	4.5±0.7			4-5	1	[18]
9	1967	20.05	23-18-12.6	1.0	66.6±0.2	33.7	17±17	3.9±0.5			5-6	1	[18]
	1969	10.05	12-28-55	c	65.0	34.0±1.0				2.6 _{LW}	1	1	M _{LW} =2.6 [20]
	1970	23.01	06-37-01	B	66.2	32.7±0.5				2.7 _{LW}	1	1	M _{LW} =2.7 [20]
10	1970	10.05	04-08-23.6	C	65.4	39.7±1.0		3.8			1	1	M _{S,км} ² =3.8 [11,20]; 2 толчка [11]
	1971	01.07	19-04-14		65.8	35.8				2.7 _{LW}	1	1	M _{LW} =2.7 [20]
	1971	08.07	21-01-59		65.3	35.8				2.2 _{LW}	1	1	M _{LW} =2.2 [20]
18	1971 ⁵	15.09	09-15-13.3	1.0	67.1	48.3±4.0	10±10	3.9±0.5			5±1	1	[18]; m _b =4.6 [19]
	1972 ⁶	17.05	15-32-48.8	b	65.2	34.2±0.5				2.9 _Δ	1	1	m _Δ (APA)2.9 [14,19]
	1972 ⁷	04.09	07-00-04.4		67.7	33.1	7		4.6 _b		1	1	m _b (ISC)=4.6, m _b (NEIS)=4.6, dR=20км [19]
	1973	27.10	07-52-25.8	1.0	71.0	52.6±4.0	10±10	3.7±0.5			5	3	[18]
	1973	27.10	08-03-58.2	1.0	71.0	52.7±4.0	10±10	3.7±0.5			5	3	[18]
	1973	27.10	08-21-21.8	1.0	71.0	52.6±4.0	10±10	3.9±0.5			5	3	[18]
	1973	27.10	09-13-51.3	1.0	71.2	51.8	10±10	3.9±0.5			5	3	[18]
	1973 ⁸	27.10	13-40-44.2	a	65.0	33.6±0.5				2.7 _Δ	1	1	m _Δ (APA)2.7 [14], dR=50км [19]
	1974 ⁹	12.12	21-19-46.0		72.0	49.5	10±10	3.5±0.5			5	3	[18]; m _b (ISC)=4.4; dR=50км [19]
	1975 ¹⁰	26.02	10-33-19	a	65.5	33.3±0.2				3.0 _Δ	1	1	m _Δ (APA)3.0 [14,19]; M _{LW} =2.9 [20]
11	1975 ¹¹	07.08	07-40-14.8	b	65.1	37.6±0.5				(3.7 _Δ)	1	1	m _Δ (APA)(3.7) [14]; dR=50км; M _L (UPP)=3.8; m _b (UPP)=4.8 [19]
	1975 ¹²	10.09	13-43-46.6	b	65.4	33.8±0.5				2.8 _Δ	1	1	m _Δ (APA)2.8 [14]; dR=50км [19]; M _{LW} =2.5 [20]
	1977	09.10	10-59-58.4		73.5	54.0±4.0	10±10	3.9±0.5			5	3	[18]
	1978	27.04	20-08-29.8	b	65.1	33.6±0.5				2.6 _Δ	1	1	m _Δ (APA)2.6 [15]
	1978	02.06	01-02-41.5	b	67.1	32.0±0.5				3.0 _Δ	1	1	m _Δ (APA)3.0 [15]
	1980	25.09	15-09-22.4		60.8	37.5				2.8 _L	1	1	M _L =2.8 [20]
	1981	08.01	06-23-28.5		67.7	33.7	~5			2.1 _Δ	3	1	m _Δ (APA)2.1 [16]
	1981	03.06	14-10-38.6	a	63.9	38.0±0.5	10			2.9 _Δ	1	1	m _Δ (APA)2.9 [16]
	1981	18.08	00-07-28.2	a	67.7	33.7±0.2	<5			3.5 _Δ	4	1	Ощущалось в г. Кировске интенсивностью 4 балла [16]
	1981	18.08	00-07-46.8	a	67.7	33.7±0.2	<5			2.0 _Δ	1	1	m _Δ (APA)2.0 [16]
	1981	21.08	12-54-49.3	a	64.0	39.0±0.2				3.1 _Δ	1	1	m _Δ (APA)3.1 [16]; 12-54-57; 63.99°N; 37.47°E; M _L =2.8 [20]
	1981	29.09	20-09-48.7	a	67.7	33.7±0.2	~5			3.1 _Δ	4	1	Ощущалось в пос. Кукисвумчор интенсивностью 4 балла [16]
12	1982 ¹³	29.08	05-33-34.4	a	67.7	33.7±0.2	5			3.7 _Δ	5	1	m _Δ (APA)3.7, M _{S,км} ² =2.8, ощущалось на S=1300 км ² , I ₀ =5 баллов [16,19]
	1984	09.01	21-46-10.9	b	64.8	34.3±0.5	5-10			2.5 _Δ	1	1	m _Δ (APA)2.5 [16]
	1985	18.05	01-24-21.9	b	66.6	34.1±0.5	~10			2.6 _Δ	1	1	m _Δ (APA)2.6 [16]; M _d (HEL)2.0 [20]
12	1986 ¹⁴	01.08	13-56-37.1		73.2	56.3	20	3.7 _S	4.8 _b		3	1	[17]; 72.9°N; 55.8 E; h=10км; m _b (ISC)=4.8, M _S (ISC)=3.7, m _b (NEIC)=4.7, m _b (MOS)=MPSP=4.4 [19]; 73.0°N, 57.1°E; M _d (HEL)3.8 [20]
	1987	22.09	21-47-14.9		66.43	36.06	3		2.9		1	1	[22]
	1987	24.10	07-40-48.5		63.3	37.0			3.9		1	1	[22]
19	1987	24.10	14-30-12.9		63.51	36.81	7		4.0		1	1	[22]
	1987 ¹⁵	25.12	12-03-55.9		67.8	34.6	15			3.9 _d	1	1	M _d (BER)3.9, M _L (BER)2.9, dR=50км [19]
	1988 ¹⁶	13.01*	02-51-52.7		67.73	33.83	1		2.0		1	1	dR=50км [19]
	1988 ¹⁷	18.01*	02-09-47.8		67.65	33.96	2		2.2		1	1	dR=20км [19]
	1988 ¹⁸	28.01	09-55-08.2		67.49	32.6	5		2.2		1	1	dR=20км [19]
	1988	26.02*	23-42-52.5		67.7	34.2				2.8 _L	1	1	M _L (HEL)2.8, M _d (HEL)=2.3 [20]
	1988 ¹⁹	07.05*	14-19-22.6		67.3	34.0	15			3.9 _d	1	1	M _d (BER)3.9 [19]
	1988 ²⁰	04.06	23-05-07.0		67.6	33.1				3.5 _Δ	1	1	m _Δ (APA)3.5, dR=70км [19]; M _L (HEL)=3.1, M _d (HEL)=2.9 [20]
14	1988 ²¹	10.06	06-11-44.8		67.84	33.22	11		3.2		1	1	[19,23]
	1988	20.06	10-54-26.8		64.87	39.76	0		3.2		1	1	[23]

№	Дата		t ₀ , ч м с	δt ₀ , с	Эпицентр		h, км	Магнитуды			I ₀ , балл	P-н	Примечания и ссылки
	год	д м			φ°, N	λ°, E		MLH M _L	MPVA m _b	M _L M _d M _A			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1988	27.06	19-14-58.6		63.13	35.36	1		3.3			1	[2]
	1988	04.07	01-55-40.7		66.31	32.37				2.4 _L		1	[23]; ML(HEL)2.4; Md(HEL)2.1 [20]
	1988	07.07	16-16-18.2		64.76	40.13	4		3.1			1	[23]
	1988	27.09	20-25-22.9		63.07	34.35	2		3.0			1	[23]
	1988 ²²	30.10	06-04-37.6		67.3	33.1	0			3.8d		1	Md(BER)3.8 [19]
	1989 ²³	17.03	09-42-49.1		67.17	32.58	0		2.7			1	[19,24]
	1989	22.04	10-19-55.6		62.25	35.20	0		2.9			1	[24]
	1989 ²⁴	22.04	18-03-08.7		67.5	34.3	15			3.9d		1	Md(BER)3.9 [19]
	1989 ²⁵	19.05	10-24-13.0		67.1	32.0	0		2.6			1	[19,24]
	1989	07.07	11-49-24.3		67.71	33.93	11		3.4			1	[24]
	1989	24.07*	22-32-34.0		67.60	33.78	0		2.5			1	[24]
	1989	24.07*	23-39-52.4		67.63	33.77	0		2.6			1	[24]
	1989 ²⁶	01.08*	00-55-03.4		67.60	33.80	0		1.9			1	[19,24]
	1989	04.08*	01-26-17.8		67.6	33.90	0		2.1			1	[24]
	1989	09.08*	08-50-09.8		65.00	34.60	0		1.0			1	[24]
	1989	09.08*	08-50-15.8		65.00	34.60	0		1.0			1	[24]
	1989 ²⁷	10.08*	07-57-10.0		64.96	34.54	0		2.2			1	[19,24]
	1989 ²⁸	10.08*	10-10-12.0		66.14	38.81	0		3.2			1	[19,24]
	1989 ²⁹	10.08*	10-14-27.9		65.97	38.55	0		3.1			1	[19,24]
	1989 ³⁰	10.08*	10-24-23.4		66.0	38.6	0		3.0			1	[19,24]
	1989	11.08*	08-53-53.4		64.78	39.12	0		3.1			1	[24]
	1989	11.08*	09-05-18.6		64.89	39.03	0		3.1			1	[24]
15	1989 ³¹	11.08*	09-09-16.5		65.10	39.43	0		3.7			1	[19,24]
	1989	24.08*	12-19-32.2		67.60	33.40	0		1.3			1	[24]
	1989	29.08*	12-10-50.0		67.60	33.40	0		1.3			1	[24]
	1989 ³²	29.08*	13-27-37.0		65.00	34.60	0		1.0			1	[19,24]
	1989 ³³	29.08	15-54-49.6		66.5	32.1	0		2.6			1	[19,24]
	1989	11.09	23-16-26.6		67.16	32.64	6		2.8			1	[24]; h=2км; ML(HEL)3.0; Md(HEL)2.5 [20]
	1989	12.10*	10-23-39.6		64.94	34.53	0		2.3			1	[24]
	1989	20.10	13-08-48.6		67.56	33.5	0		1.3			1	[24]
	1989	23.10	23-01-46.6		67.62	34.19	0		2.4			1	[24]
	1989 ³⁴	14.11	11-31-39.6		65.09	38.78	0		3.3			1	[19,24]
	1989	18.11	14-14-10.6		66.63	32.53	0		2.6			1	[24]
	1989 ³⁵	24.11	19-16-44.6		66.1	33.1	0		2.4			1	[19,24]
	1990 ³⁶	25.03	05-32-19.4		67.2	33.2	15			3.2d		1	Md(BER)3.2 [19]
	1990	26.03	09-57-48.0		65.07	39.50	1		-			1	[25]
	1990 ³⁷	06.04	07-26-46.9		67.4	33.7	0			3.4d		1	Md(BER)3.4 [19]
	1990 ³⁸	06.05	09-58-12.5		67.1	32.3	0			3.1d		1	Md(BER)3.1, ML(BER)2.2 [19]
	1990 ³⁹	16.06*	11-08-58		67.57	34.13	2			2.8d		1	[25]; Md(BER)2.8 [19]
	1990 ⁴⁰	01.07	06-19-21.0		66.7	41.4	0			3.0d		1	Md(BER)3.0, ML(BER)2.1 [19]
	1990	13.08*	10-52-10		64.80	40.80	3		3.3			1	[25]
	1990	13.08*	16-32-56		64.76	40.91	0		3.4			1	[25]
	1990	17.08*	13-48-25		64.46	40.54	3		3.2			1	[25]
20	1990	17.08	15-58-35		64.28	40.47	0		3.7			1	[25]
	1990	05.09	10-28-21		63.52	38.98	0		3.0			1	[25]
	1990	12.09	09-14-04		68.17	39.73	0		3.3			1	[25]
	1990	29.11	12-51-54.0		67.4	32.8	4		2.3			1	[25]
	1991 ⁴¹	13.01	04-32-28.0		67.4	35.4	12			3.4d		1	Md(BER)3.4 [19]
	1991 ⁴²	01.02	11-43-20.2		67.5	32.5	0			3.4d		1	Md(BER)3.4, ML(BER)1.7 [19]
	1991 ⁴³	31.03	06-29-36.6		67.5	34.3	0			3.5d		1	Md(BER)3.5 [19]
	1991 ⁴⁴	28.06	23-33-03.4		67.4	33.4	0			3.0d		1	Md(BER)3.0 [19]
	1991 ⁴⁵	30.07	02-19-20.5		66.7	33.1	10			2.4 _L		1	ML(HEL)2.4 [19]; M _{LA} =2.4; Md(HEL)2.2 [20]
	1991	21.10	04-47-12.2		65.7	41.5	0			3.1 _L		1	ML(HEL)3.1 [20]
16	1993 ⁴⁶	05.02	08-05-36.7		67.5	34.0	12			3.5d		1	Md(BER)3.5, ML(BER)2.2 [19]
	1995 ⁴⁷	13.01	11-11-18		67.6	33.0	14			3.7 _b		1	m _b (ISC)3.7, m _b (EIDC)3.6, dR=40км [19]
	1995 ⁴⁸	19.03	03-14-56.0		67.4	34.9	16			2.2 _L		1	ML(EIDC)2.2 [19]
	1995 ⁴⁹	02.04	03-26-40		67.5	33.0	18			3.3d		1	Md(BER)3.3, ML(EIDC)2.2, dR=20км [19]
	1995	09.11	01-10-27.2		66.8	33.1				3.2d		1	M _{LA} =3.6; Md(HEL)3.2 [20]
	1995 ⁵⁰	14.11	15-25-14.1		68.4	51.6	33	3.9 _s	4.8 _b			2	m _b (ISC)4.8, M _S (ISC)3.9; сильный толчок в Ассоне [19]

Примечание редакции. В графе 2 верхними индексами ^{1.....50} помечены 50 землетрясений, для которых по запросу редакции присланы данные [47], позволяющие выявить тип магнитуд;

в графе 4 знаком * помечены возможные взрывы на следующих площадках: в Хибинском массиве (в 1988 г.→13.01 в 02^h51^m, 18.01 в 02^h09^m, 26.02 в 23^h42^m, 07.05 в 14^h19^m; в 1989 г.→14.07 в 22^h32^m, 24.07 в 23^h39^m, 01.08 в 00^h55^m, 04.08 в 01^h26^m, 24.08 в 12^h19^m, 29.08 в 12^h10^m; в 1990 г.→16.06 в 11^h08^m), вблизи г. Кемь (в 1989 г.→09.08 в 08^h50^m09.8^s, 09.08 в 08^h50^m15.8^s, 10.08 в 07^h57^m, 29.08 в 13^h27^m, 12.10 в 10^h23^m), в районе г. Архангельск (в 1990 г.→13.08 в 10^h52^m, 13.08 в 16^h32^m, 17.08 в 13^h48^m), северо-западнее г. Северо-Двинск (в 1989 г.→11.08 в 08^h53^m, 11.08 в 09^h05^m, 11.08 в 09^h09^m; в 1990 г.→26.03 в 09^h57^m), на южном побережье Кольского п-ва (в 1989 г.→10.08 в 10^h10^m, 10.08 в 10^h14^m, 10.08 в 10^h24^m);

в графе 9 даны магнитуды MLH по [18] и M_L по [20]; в графе 10 даны магнитуды MPVA (без индекса) и магнитуды m_b(ISC) (с нижним индексом b); в графе 11 даны локальные магнитуды ML разных агентств и авторов {ML(HEL), M_{LA}(HEL), M_{LW}(HEL), ML(BER) по [20]}, магнитуды (APA) по дальности регистрации {m_A(APA)}, магнитуды по длительности записи {Md(BER), Md(HEL)}.

Л и т е р а т у р а

1. **Атлас Архангельской области. 1976.** / Отв. ред. Н.А. Моргунова. М.: Изд-во ГУГК СССР. С. 5-6.
- Билибина Т.М. 1986.** Блоковая тектоника и геодинамика земной коры Северо-Запада Русской платформы и принципы прогнозирования рудоносных структур // Блоковая тектоника и перспективы рудоносности Северо-Запада Русской платформы. Ленинград: Изд-во ВСЕГЕИ. С. 22-39.
- Добрынина М.И. 1992.** Рифтогенез в геологической истории докембрия северной части Русской плиты // Глубинное строение и геодинамика кристаллических щитов Европейской части СССР. Апатиты. Изд-во КНЦ АН СССР. С. 71-78.
- Малышев Н.А. 1986.** Разломы Европейского северо-востока СССР в связи с нефтегазоносностью. Ленинград: Наука. 112 с.
- Савицкий А.В., Афанасьева Е.Н., Гукасян Г.О., Петров Ю.В. 1986.** Разрывные нарушения Северо-Запада Русской платформы и их металлогеническое значение // Блоковая тектоника и перспективы рудоносности Северо-Запада Русской платформы. Ленинград: Изд-во ВСЕГЕИ. С. 39-52.
- Березовский В.З., Губайдуллин М.Г., Егоркин А.В., Койфман Л.И., Кореневич К.А. 1993.** Комплексная плотностная модель земной коры Архангельской области // Строение литосферы Балтийского щита. М.: Изд-во Недр. С. 109-116.
- Юдахин Ф.Н. 1999.** Проблемы сейсмической опасности слабоактивных территорий (Европейский Север России) // Геодинамика и геоэкология. Материалы межд. конф. Архангельск: Изд-во ИЭПС УрО РАН. С. 441-445.
- Юдахин Ф.Н., Французова В.И. 2000.** Сейсмичность Севера Европейской части России // Поморье в Баренц-регионе на рубеже веков: экономика, экология, культура. Материалы Международной конференции. Архангельск: Изд-во ИЭПС УрО РАН. С. 276-278.
- Коломиец А.С., Петров С.И.** Восточная часть Балтийского щита. См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.
- Панасенко Г.Д. 1957.** Каталог землетрясений Кольского полуострова и Северной Карелии (с начала XVIII в. по 1955 г.) // Бюллетень сейсмической станции Апатиты. №1. Кировск: Изд-во КФ АН СССР. С. 31-36.
- Панасенко Г.Д. 1977а.** Землетрясения Фенноскандии в 1951-1970 гг. М.: Изд-во МГК. 111 с.
- Панасенко Г.Д. (отв. сост.). 1977б.** XIII. Балтийский щит. 1626-1979 гг. $M \geq 0$ // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (с древнейших времен до 1975 г.) М.: Наука. С. 460-464.
- Ананьин И.В. (отв. сост.). 1977.** 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. С. 465-470.
- Панасенко Г.Д. 1979.** Землетрясения Фенноскандии. 1971-1975 гг. Каталог. М.: Изд-во МГК. 77 с.
- Панасенко Г.Д. 1986.** Землетрясения Фенноскандии. 1976-1980 гг. Каталог. М.: Изд-во МГК. 81 с.
- Панасенко Г.Д. 1991.** Землетрясения Фенноскандии. 1981-1985 гг. Каталог. М.: Изд-во МГК. 77 с.
- Ассиновская Б.А. 1994.** Сейсмичность Баренцева моря. М.: Изд-во НГК. 128 с.
- Уломов В.И., Кондорская Н.В. (отв. ред.)** Каталог землетрясений Северной Евразии за 1467-1999 гг. М.: ОИФЗ РАН. Компьютерный вариант.
- Аветисов Г.П. (отв. ред.).** Банк арктических сейсмологических данных АРС. Санкт-Петербург: ВНИИОкеангеология. Компьютерный вариант.
- P.Heikkinen, E.Pelkonen, M.Raime, L.Mustila, M.Karilas.** Seismic events in Northern Europe, Helsinki University Press, Helsinki, Internet <http://www.seismo.helsinki.fi>.
- Асминг В.Э., Гурьева С.Н., Кузьмин И.А., Кременецкая Е.О., Коломиец А.С., Нахшина Л.П., Тряпицын В.М., Федоренко Ю.В. 1997.** Сейсмологические исследования на территории Европейского Севера России и прилегающих районов Арктики. Апатиты: Отчет за 1997 г. Фонды КНЦ РАН. 44 с.
- Акселевич Э.Р., Оболенская Л.М. 1990.** Балтийский щит, Баренцево море, арх. Шпицберген // Землетрясения в СССР в 1987 году. М.: Наука. С. 295-296.
- Акселевич Э.Р., Оболенская Л.М. (отв. сост.). 1991.** Балтийский щит, Баренцево море, арх. Шпицберген // Землетрясения в СССР в 1988 году. М.: Наука. С. 343-347.
- Акселевич Э.Р. (отв. сост.) 1993.** Балтийский щит, Баренцево море, арх. Шпицберген // Землетрясения в СССР в 1989 году. М.: Наука. С. 364-366.
- Акселевич Э.Р. (отв. сост.). 1996.** Балтийский щит, Баренцево море, арх. Шпицберген // Землетрясения в СССР в 1990 году. М.: Наука. С. 208.
- Нахшина Л.П. и Гурьева С.Н. (сост.). 1997.** Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. М.: Изд-во Геоинформмарк. С. 277.
- Коломиец А.С. (сост.). 1999.** Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. М.: Изд-во НИИ-Природа. С. 234.
- Коломиец А.С., Нахшина Л.П.** Восточная часть Балтийского щита. См. раздел III (Каталоги землетрясений) в наст. сб.
- Панасенко Г.Д. 1977.** Землетрясение в районе Кандалакшского залива Белого моря 1542 г. // Физика Земли. №10. С. 78.
- Яковлева О.А. 1958.** Летописное известие о землетрясении на севере Московского государства 1926 г. // Изв. АН СССР.

Сер. геофиз. №3. С. 423.

- Герасимов А. 1912.** Беломорское землетрясение 30 июня 1911 г. // Бюлл. ПЦСК. 1912. Ч.П. С. 8.
- Панасенко Г.Д. 1974.** Землетрясение в Кандалакшском заливе Белого моря 20 мая 1967 г. // Новейшие и современные движения земной коры восточной части Балтийского щита. Петрозаводск: Изд-во ГИ КФ АН СССР. С. 47-58.
- Шебалин Н.В. 1977.** Часть II. Сейсмологические данные по регионам (вводная часть) // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (с древнейших времен до 1975 г.) М.: Наука. С. 34-35.
- Панасенко Г.Д. 1996.** Сейсмические особенности северо-востока Балтийского щита. Л.: Наука. 184 с.
- Аветисов Г.П. 1996.** Сейсмоактивные зоны Арктики. Санкт-Петербург: Изд-во ВНИИОкеангеология. 186 с.
- Кременецкая Е.О., Кузьмин И.В., Асминг В.Э. 1997.** Землетрясения восточной части Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. М.: Изд-во Геоинформмарк. С. 110-112.
- Аветисов Г.П. 2000.** Арктический бассейн за 1990-1994 гг. // Землетрясения Северной Евразии в 1994 г. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 117-121.
- Ананьин И.В. 1987.** Сейсмичность северной части Восточно-Европейской платформы и ее связь со строением земной коры // Глубинное строение слабосейсмичных регионов СССР. М.: Наука. С. 187-194.
- Wahlstrom R. and Ahjos T. 1982.** Determination of magnitude and calibration of magnitude scales for earthquakes in the Baltic Shield. Helsinki: Inst. Seismology, Univ. Helsinki/ Publ. №185. 39 pp.
- Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага) 1965.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: Изд-во МГК АН СССР.
- Шебалин Н.В. 1977.** Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (с древнейших времен до 1975 г.) М.: Наука. С. 20-30.
- Кременецкая Е.О., Тряпицын В.М., Черевко В.С. 1993.** Землетрясения Балтийского щита, Баренцева моря и архипелага Шпицберген // Землетрясения в СССР в 1989 году. М.: Наука. С. 195-199.
- Ассиновская Б.А. 1986.** Механизмы очагов землетрясений северо-восточной части Балтийского щита // Физика Земли. №1. С. 101-106.
- Аветисов Г.П.** Арктический бассейн. См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст сб.
- Французова В.И.** Европейская часть России, Урал и Западная Сибирь: Архангельская область. См. раздел III (Каталоги землетрясений) в наст. сб.
- Двинская летопись. 1889.** М.: Типография ПиА Снегирёвых.
- Аветисов Г.П. 2001.** Сведения о некоторых (n=50) землетрясениях Карелии, Кольского полуострова и Архангельской области за 1948-1995 гг. (Рукопись, поступила по запросу редакции 19.01.2001 г.). Обнинск: Фонды ГС РАН. 8 с.