

ЯКУТИЯ**Б.М. Козьмин***Якутский филиал ГС СО РАН, г. Якутск, b.m.kozmin@diamond.ysn.ru*

Система инструментальных наблюдений Якутского филиала ГС СО РАН в 2000 г. характеризуется сокращением числа сейсмических станций с аналоговой записью и увеличением числа пунктов наблюдений, оборудованных цифровой аппаратурой. Так, из восьми сейсмических станций с аналоговой регистрацией сохранилось лишь шесть (четыре – в северо-восточной и две – в южной частях региона). В частности, из-за трудностей с финансированием с 1 ноября 2000 г. была закрыта станция «Найба» с аналоговой записью, а станция «Чульман» из аналоговой была переоборудована в цифровую без перерыва в работе в течение I-го квартала 2000 г. Таким образом, всего в январе–октябре 2000 г. на территории Якутии работало 12 сейсмических станций, из которых семь имели аналоговую и пять – цифровую запись. С 1 ноября их число уменьшилось до 11.

Опорные сейсмические станции «Якутск» и «Тикси» были оснащены инструментальными комплексами «IRIS» (Incorporated Research Institutions for Seismology) консорциума научных учреждений США в области сейсмологии с применением широкополосных сейсмоприемников STS-1 и GS-13. На трех региональных цифровых сейсмических станциях («Алдан» с 01.09.1999 г., «Чульман» с 1 апреля и «Усть-Мая» с 1 сентября 2000 г.) была задействована аппаратура SDAS (Seismic digital acquisition station) российского производства, изготовленная фирмой «Геотех+» (г. Обнинск), с использованием сейсмометров СМЗ-ОС. Пункты наблюдений с гальванометрической регистрацией на осциллографную бумагу были оборудованы стандартными комплектами приборов: сейсмометры СКМ-3, гальванометры ГК-7 и М-1031. Перечень всех сейсмических станций, тип аппаратуры и ее параметры приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Якутии (в хронологии их открытия), работавшие в 2000 г., и параметры аппаратуры с аналоговой записью

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура					
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	Компонента	V_{max}	$\Delta T_{max}, с$		
		межд.	рег.										
1	Якутск	YAK	Як	04.10.1957	62.03	129.68	91						
				01.09.1993								IRIS – цифровая станция	
				01.09.1999								SDAS – цифровая станция	
2	Чульман	CLN	Члм	05.08.1962	56.84	124.89	751		N, E, Z	33200	0.5–0.8		
				16.09.2000									
				01.04.2000								SDAS – цифровая станция	
3	Усть-Нера	USN	У-Нр	21.11.1962	64.57	143.23	485	СКМ-3	N, E, Z	35000	0.2–1.3		
4	Усть-Нюкжа	USZ	У-Н	18.07.1964	56.56	121.59	415	СКМ-3	N, E, Z	52000	0.2–1.2		
5	Чагда	CGD	Чгд	04.10.1968	58.75	130.62	185	СКМ-3	N, E, Z	35000	0.2–1.2		
6	Багагай		Бгг	12.03.1975	67.65	134.63	127	СКМ-3	N, E, Z	36500	0.2–1.4		
7	Мома		Мома	05.03.1983	66.47	143.22	192	СКМ-3	N, E, Z	40000	0.2–1.3		
8	Найба		Нб	03.12.1985	70.85	130.73	5	СКМ-3	N, E, Z	25500	0.2–1.1		
				01.11.2000									
9	Артык		Ар	04.07.1988	64.18	145.13	700	СКМ-3	N, E, Z	37000	0.2–0.9		
10	Тикси	ТИК	Ткс	13.08.1995	71.63	128.86	38	IRIS – цифровая станция					
11	Алдан		Алд	01.09.1999	58.61	125.41	667	SDAS – цифровая станция					
12	Усть-Мая		У-Мая	01.09.2000	60.42	134.54	182	SDAS – цифровая станция					

Примечание. Координаты станций «Чульман» и «Алдан» изменены, по сравнению с [1], только за счет уточнения с помощью GPS.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций

Название станции	Тип станции и сейсмоприемника	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосигграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с ²)
Якутск	IRIS – STS-1	BH(N, Z, E)v	0.0028–3	0.05	24	$1.00 \cdot 10^9$
		LH(N, Z, E)v	0.0028–0.25	1.00	24	$2.50 \cdot 10^{10}$
		VH(N, Z, E)v	0.0028–0.02	10	24	$6.25 \cdot 10^{11}$
		VM(N, Z, E)a	0–0.0028	100	24	$8.30 \cdot 10^{11}$
	IRIS – GS-13	EH(N, Z, E)v	0.05–20	0.0125	24	$4.8 \cdot 10^{10}$
		SH(N, Z, E)v	0.05–20	0.025	24	$4.8 \cdot 10^{10}$
SDAS – CM-3-OC	BH(N, Z, E)v	0.02–6.7	0.05	16	$1.15 \cdot 10^9$	
	BL(N, Z, E)v	0.02–6.7	0.05	16	$4.59 \cdot 10^9$	
Тикси	IRIS – STS-1	BH(N, Z, E)v	0.0028-3	0.05	24	$1.00 \cdot 10^9$
		LH(N, Z, E)v	0.0028–0.25	1.00	24	$2.51 \cdot 10^{10}$
		VH(N, Z, E)v	0.0028–0.02	10	24	$6.27 \cdot 10^{11}$
		VM(N, Z, E)a	0–0.0028	100	24	$8.25 \cdot 10^{11}$
	IRIS – GS-13	EH(N, Z, E)v	0.05–20	0.0125	24	$2.45 \cdot 10^{10}$
		SH(N, Z, E)v	0.05–20	0.025	24	$2.45 \cdot 10^{10}$
Алдан	SDAS – CM-3-OC	BH(N, Z, E)v	0.02–6.7	0.05	16	$1.88 \cdot 10^9$
		BL(N, Z, E)v	0.02–6.7	0.05	16	$7.53 \cdot 10^9$
Чульман	SDAS – CM-3-OC	BH(N, Z, E)v	0.02–6.7	0.05	16	$1.89 \cdot 10^9$
		BL(N, Z, E)v	0.02–6.7	0.05	16	$7.57 \cdot 10^9$
Усть-Мая	SDAS – CM-3-OC	BH(N, Z, E)v	0.02–6.7	0.05	16	$1.90 \cdot 10^9$
		BL(N, Z, E)v	0.02–6.7	0.05	16	$7.60 \cdot 10^9$

Примечание. Символами «v» и «a» обозначены велосигграф и акселерограф соответственно.

Для определения местоположения эпицентров близких землетрясений использовались сейсмограммы и цифровые записи сейсмических станций Якутии, а также бюллетени отдельных станций и материалы по интерпретации и обработке наблюдений в Прибайкалье (Байкальская ОМСЭ ГС СО РАН, Иркутск), Северном Приохотье (Магаданская ОМСП ГС РАН, Магадан) и Приамурье (Сахалинская ОМСП ГС РАН, Южно-Сахалинск). Параметры очагов землетрясений находились с помощью компьютерной и частично ручной обработки на планшетах разного масштаба. Ошибка в оценке местоположения эпицентров землетрясения соответствовала $\delta = \pm 10$ км в 63% случаев и ± 25 км – в 37%.

Условия регистрации землетрясений на юге Якутии, где работали станции «Усть-Нюкжа», «Чульман», «Чагда» и «Алдан», не изменились в сравнении с таковыми в 1999 г. [1], поэтому в пределах Олекминского района (№ 1) и на западе районов Станового хребта (№ 2) и Алданского нагорья (№ 3) без пропусков записывались сейсмические события с $K_p \geq 8$. В междуречье Алдана и Учур не пропущены события с $K_p \geq 8-9$. Восточнее и южнее долины р. Учур в направлении к Охотскому морю полностью фиксировались землетрясения с $K_p \geq 10$. С открытием 1 сентября цифровой станции «Усть-Мая» стало возможным определение координат эпицентров землетрясений, начиная с $K_p = 8-9$, в Центральной Якутии, в междуречьи Алдана и Лены. Не изменилась обстановка на северо-востоке региона в системе хр. Черского (№ 9), Верхоянском хребте (№ 7) и в Яно-Оймяконском нагорье (№ 8), где наблюдения выполняли станции «Усть-Нера», «Артык», «Мома» и «Батагай». Так, на юго-восточном фланге хр. Черского представительный класс землетрясений соответствовал $K_{\min} = 8-9$, для остальных северо-восточных районов между реками Леной и Индигиркой – $K_{\min} = 9-10$. На севере Верхоянского района вблизи пос. Тикси уровень энергетических классов землетрясений, записываемых без пропуска, был ниже ($K_p = 9$). Однако на шельфе моря Лаптевых, где проявления сейсмичности контролировали лишь две близкие станции («Тикси» и «Найба»), без пропусков могли регистрироваться только землетрясения с $K_p \geq 11-12$. Для всей территории региона в настоящее время в полном объеме могут фиксироваться землетрясения лишь с $K_p \geq 11-12$.

По результатам сводной обработки был составлен каталог землетрясений территории Якутии и прилегающих районов за 2000 г., включающий данные о 442 землетрясениях в диапазоне $K_p=6-12$. На основе этого каталога построена карта эпицентров землетрясений (рис. 1), где показаны также тектонические особенности территории и расположение сейсмических станций. Данные каталога позволили проанализировать распределение землетрясений Якутии по энергетическим классам K_p и сейсмоактивным районам, которое приведено в табл. 3. В каталоге землетрясений Якутии в наст. сб. [2] приведены относительно более сильные события с $K_p \geq 7.6$ общим числом $N=214$.

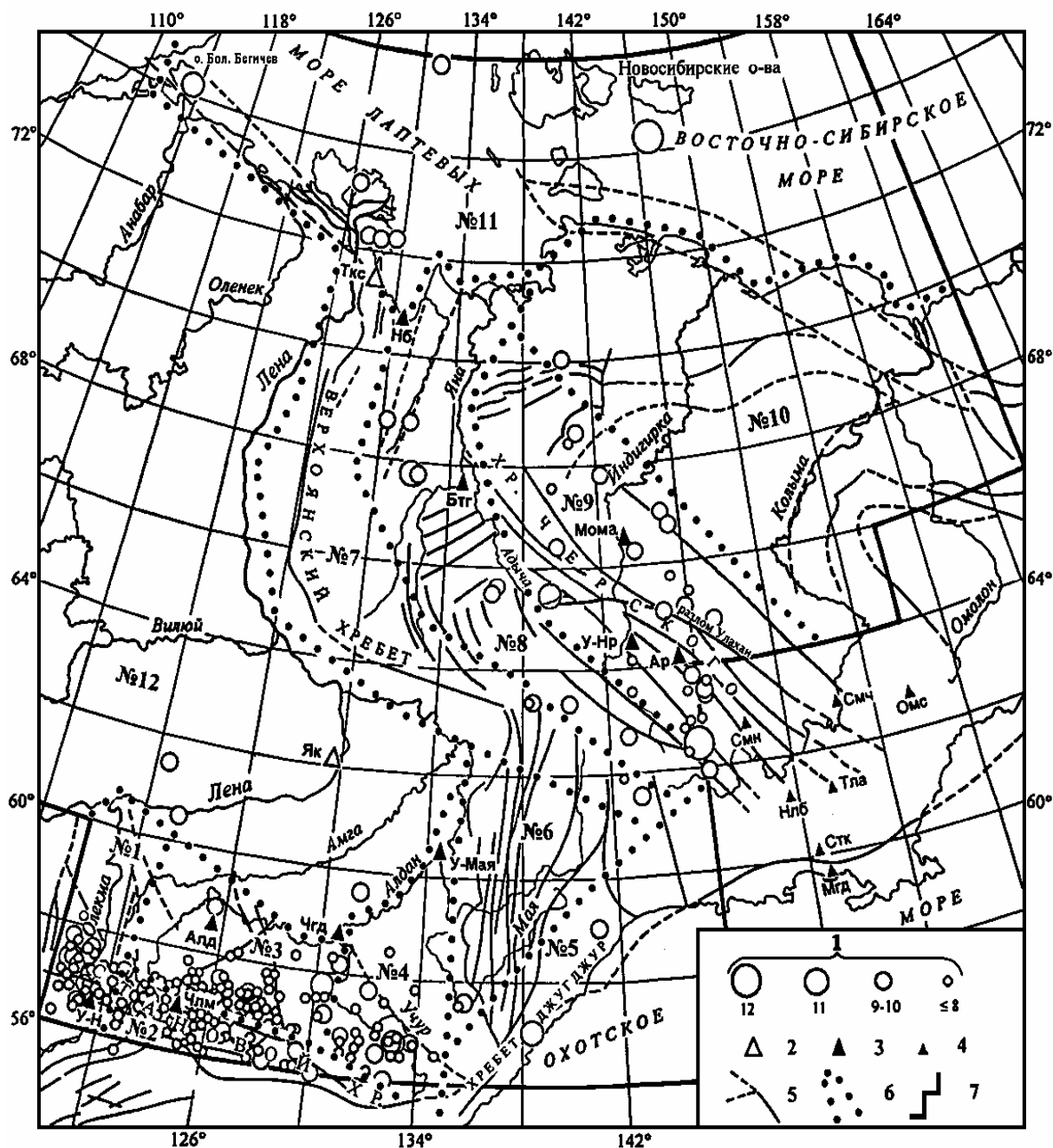


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Якутии за 2000 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2, 3 – сейсмическая станция, опорная и региональная соответственно; 4 – сейсмическая станция соседних регионов; 5 – разлом по [3], установленный и предполагаемый (пунктир); 6, 7 – граница района и региона соответственно.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по районам Якутии за 2000 г.

№	Район	K_{min}	K_p								N_{Σ}	$\Sigma E \cdot 10^{12}$, Дж
			6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Олекминский	8	3	73	47	12	3	1	–	–	139	0.147
2	Становой хребет	8–9	20	67	25	11	1	1	–	–	125	0.124
3	Алданское нагорье	8–9	7	45	18	5	–	1	–	–	76	0.107
4	Учурский	10	–	13	21	12	2	1	–	–	49	0.134
5	Охотский	10	–	–	–	–	1	1	–	–	2	0.110
6	Хребет Сетге-Дабан	9–10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Верхоянский хребет	9–10	–	–	2	2	–	–	–	–	4	0.002
8	Яно-Оймяконское нагорье	9–10	–	–	1	8	1	–	–	–	10	0.018
9	Хребет Черского	8–9	–	2	11	6	5	1	1	–	26	1.157
10	Приморская низменность	10–11	–	–	1	–	1	–	–	–	2	0.010
11	Лаптевский	11–12	–	–	–	4	–	1	1	–	6	1.104
12	Восточная часть Сибирской платформы	11	–	–	1	1	1	–	–	–	3	0.011
	Всего		30	200	127	61	15	7	2	–	442	2.924

Из табл. 3 следует, что выделившаяся в пределах региона за 2000 г. суммарная сейсмическая энергия, равная $\Sigma E = 2.924 \cdot 10^{12}$ Дж, фактически соответствует проявлению трех землетрясений с энергией в очаге $\div 10^{12}$ Дж. Сравнивая величину суммарной сейсмической энергии, высвободившейся за последние десять лет (табл. 4), можно отметить, что ее уровень в 2000 г. оказался относительно низким.

Таблица 4. Суммарная сейсмическая энергия по наблюдениям за 1991–2000 гг.

Год	K_p									N_{Σ}	$\Sigma E \cdot 10^{12}$, Дж	Источник
	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1991	190	353	154	59	10	4	2	1	–	773	12.58	[3]
1992	246	263	110	46	13	5	2	–	–	685	2.69	[3]
1993	107	230	138	45	16	9	3	–	–	548	4.12	[4]
1994	53	199	102	49	10	9	1	–	–	423	2.06	[5]
1995	83	184	83	28	9	4	–	–	–	391	0.52	[6]
1996	55	182	74	39	7	11	1	–	1	370	102.21	[7]
1997	25	488	261	98	32	15	3	–	–	922	4.94	[8]
1998	50	397	214	64	34	8	3	–	–	770	4.53	[9]
1999	31	386	271	87	25	18	8	2	–	829	30.28	[1]
2000	20	200	127	61	15	7	2	–	–	442	2.92	

Наиболее сейсмоактивным в регионе был район **Хребта Черского (№ 9)**, где выделилось 38% всей годовой энергии. Максимальным здесь было землетрясение с $K_p=11.7$, произошедшее 27 сентября в $13^{\text{h}}26^{\text{m}}$ [2]. Его эпицентр располагался в ненаселенной горно-таежной местности на юго-восточной окраине хр. Тас-Кыстабыт (горная система Черского). Юго-западные склоны этого хребта ограничивает протяженный (около 600 км) Эльгинский разлом, простирающийся в северо-западном направлении от среднего течения р. Кулу (притока Колымы) к верховьям р. Индигирки. Разлом следует в геофизических полях. К нему приурочена линейная магнитная аномалия и малоамплитудная ступень в поле силы тяжести [11]. Именно в зоне его влияния локализован очаг названного выше землетрясения. Эльгинский разлом сейсмоактивен на большем своем протяжении, к нему тяготеет цепочка эпицентров слабых землетрясений с $K_p=8-10$. Ранее в зоне названного разрывного нарушения примерно в 120 км к юго-востоку от рассматриваемого события имело место 7-балльное Кулинское (Колымское) землетрясение 13.01.1972 г. с $MLH=5.6$, $K_p=14$ [12], которое ощущалось в Якутии и Магаданской области на площади более $200 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ [13].

К другим дизъюнктивам, входящим в Индигиро-Колымскую систему разломов и активным в 2000 г., относится Чай-Юреинский сдвиг [3], к которому приурочена небольшая группа

слабых землетрясений, отмеченных к юго-востоку от сейсмической станции «Артык». Данный участок территории, где 18.05.1971 г. произошло 9-балльное Артыкское землетрясение с $MLH=7.1$ [14] со значительной серией афтершоков [13, 15], продолжает быть активным и в настоящее время. Несколько землетрясений было выявлено также вдоль крупного разлома Улахан (в переводе с якутского – большой), имеющего протяженность более 1500 км (рис. 1). К их числу относится событие 22 марта в 06^h47^m с $K_p=10.6$, возникшее на западном фланге разлома Улахан в пределах Верхнеадычанской впадины.

Вторым районом со значительным уровнем высвобожденной в течение года суммарной сейсмической энергии ($\Sigma E=1.104 \cdot 10^{12}$ Дж) является **Лаптевский (№ 11)**. Основное событие с $K_p=12.4$, $M_s=4.5$, отмеченное 10 июля в 04^h17^m [2], возникло к югу от Новосибирских островов в акватории Восточно-Сибирского моря, вновь подтверждая активность данного района. Ранее 15.12.1973 г. здесь же имело место землетрясение с $K_p=13$, сопровождавшееся небольшой серией афтершоков [13]. Следующее землетрясение с $K_p=11.2$ произошло 30 апреля в 17^h16^m к северу от устья р. Анабар, рядом с о. Большой Бегичев на западной окраине шельфа моря Лаптевых. Это событие вместе со слабыми землетрясениями в устье р. Лены тяготеет к Лено-Таймырской полосе слабой сейсмичности, которая следует от северного Верхоянья через устье р. Лены и Оленекский залив моря Лаптевых к полуострову Таймыр [16]. В рифтовой системе моря Лаптевых, занимающей восточную часть его шельфа [11], отмечено одно землетрясение с $K_p=10.4$, произошедшее 18 апреля в 04^h16^m . Координаты его эпицентра заимствованы из бюллетеня ISC [17]. Энергетический класс определен по данным единственной записавшей его станции – «Тикси». Согласно [17], все рассмотренные события в Лаптевском районе произошли в пределах земной коры на глубине 10 км.

На юге Якутии выделяется широкая (до 200 км) и протяженная (>800 км) субширотная полоса эпицентров землетрясений (рис. 1), которая представляет Олекмо-Становую сеймотектоническую зону, объединяющую пять районов (№№1–4, 6). Эта зона продолжает проявления сейсмичности Байкальского рифта на восток [11]. Здесь зарегистрировано более 88% всех сейсмических событий в регионе за год, но их доля в балансе выделившейся сейсмической энергии, равная $\Sigma E=0.512 \cdot 10^{12}$ Дж, составляет лишь 21% от всей энергии.

Как и в 1999 г. [1], высокий уровень сейсмичности по числу землетрясений наблюдался в **Олекминском районе (№ 1)**. Здесь продолжали регистрироваться толчки Олдонгсинского роя, возникшего еще в октябре 1997 г. в северо-восточных отрогах хр. Удокан между Байкальским рифтом и Олекмо-Становой зоной [9]. Однако сейсмическая деятельность роя спустя три года существенно ослабела. Так, если в 1999 г. в рое было зарегистрировано свыше 400 толчков, то в 2000 г. – немногим более 100.

Район **Станового хребта (№ 2)** характеризуется равномерным распределением по площади эпицентров землетрясений средней величины с $K_p=8-10$, составляющих обычный сейсмический фон (125 случаев), регистрируемый ежегодно в зоне влияния субширотного Станового структурного шва, отделяющего Алданский щит от Становой складчатой системы [11]. Несколько активнее в 2000 г., по сравнению с уровнем активности в предыдущем году, была территория **Алданского нагорья (№ 3)**, где на востоке, на северных склонах хр. Кет-Кап, вблизи русла р. Учур, 21 декабря в 00^h15^m произошло землетрясение с $K_p=11.2$. В **Учурском районе (№ 4)** большей мобильностью отличалась его южная часть, примыкающая к Становому хребту. Местные землетрясения чаще возникали здесь в хр. Лурикан, который пересекает р. Учур в ее среднем течении. Для **Охотского района (№ 6)** сейсмическая активность в 2000 г. сохранилась на том же уровне ($N_{\Sigma}=2$, $\Sigma E=0.11 \cdot 10^{12}$ Дж), что и в 1999 г. ($N_{\Sigma}=3$, $\Sigma E=0.10 \cdot 10^{12}$ Дж) [1]. Эпицентры двух имевших здесь место землетрясений 10-го и 11-го классов тяготели к хр. Джугдур.

Сейсмичность **Яно-Оймяконского нагорья (№ 8)** на северо-востоке Якутии в 2000 г. была представлена небольшой группой толчков, произошедших в бассейне р. Яны. Энергетический класс одного из них, локализованного 4 июня в 08^h04^m в 110 км к западу от пос. Батагай, достиг $K_p=10.5$.

На современную подвижность краевых участков **Восточной части Сибирской платформы (№ 12)** указывают три землетрясения, зарегистрированные 17 февраля в 15^h57^m с $K_p=9.0$, 4 марта в 17^h55^m с $K_p=9.7$ и 3 августа в 09^h29^m с $K_p=8.5$ [2] на территории Лено-Алданского плато.

Слабосейсмичными были районы № 6 (Хребет Сетте-Дабан), № 7 (Верхоянского хребта) и № 10 (Приморской низменности).

В целом характер пространственного распределения сейсмичности за 2000 г. на территории Якутии в наиболее крупных сейсмических зонах – Олекмо-Становой на юге, являющейся восточным флангом Байкало-Станового пояса, и в системе хребтов Черского – на северо-востоке, входящих в состав Арктико-Азиатского пояса, не изменился. Вместе с тем более представительная картина проявления землетрясений наблюдалась в южной части региона, где развита сгущенная сеть станций с расстояниями между ними до 150–300 км. В то же время в северо-восточных и арктических районах Якутии с редкой системой наблюдений (расстояния между станциями – до 400–600 км) возможно фиксировать только крупные события, практически пропуская большинство слабых землетрясений, в силу чего на карте эпицентров (рис. 1) ряд участков территории выглядит асейсмичным.

Л и т е р а т у р а

1. Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 181–189.
2. Козьмин Б.М., Ларионов А.Г. (отв. сост.), Марченко Т.И., Захарова Ж.Г., Саввинова Н.А., Денегга Е.Г. Якутия. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
3. Разломная тектоника территории Якутской АССР. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1976. – 173 с.
4. Козьмин Б.М. Землетрясения Якутии // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. – М.: Геоинформмарк, 1997. – С. 106–109.
5. Козьмин Б.М. Землетрясения Якутии // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: НИИ-Природа, 1999. – С. 121–124.
6. Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2000. – С. 113–116.
7. Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 115–118.
8. Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 148–151.
9. Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 151–155.
10. Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ГС РАН, 2004. – С. 173–177.
11. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сеймотектоника Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 227 с.
12. Козьмин Б.М., Андреев Т.А., Дарешкина Н.М., Югова Р.С. Каталог землетрясений Якутии и Северо-Востока России с $K \geq 8$ за 1972 г. // Землетрясения в СССР в 1972 году. – М.: Наука, 1976. – С. 124–131.
13. Козьмин Б.М. Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 127 с.
14. Козьмин Б.М. Каталог землетрясений Якутии и Северо-Востока России с $K \geq 8$ за 1971 г. // Землетрясения в СССР в 1971 году. – М.: Наука, 1975. – С. 128–132.
15. Козьмин Б.М., Емельянов Н.П., Емельянова А.А., Желинская Э.А., Ларионов А.Г., Ли В.Ф. Сильные землетрясения Якутии // Землетрясения в СССР в 1971 г. – М.: Наука, 1975. – С. 133–141.
16. Козьмин Б.М., Имаев В.С., Имаева Л.П., Фуджита К., Маккей К.Д. Сейсмичность и поля тектонических напряжений Лаптевоморского шельфа // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Вып. 3. Материалы Всероссийского совещания «Современная геодинамика и сейсмичность Центральной Азии: фундаментальный и прикладной аспекты». – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2005. – С. 121–124.
17. Internet: // <http://www.isc.ac.uk/Bulletin/htm>