

УДК 550.348. (571.56)

СЕЙСМИЧНОСТЬ ЯКУТИИ в 2020 году

С.В. Шибеев¹, W. Geissler², А.А. Макаров^{1,3},

Р.М. Туктаров¹, А.С. Куляндина¹

¹Якутский филиал ФИЦ ЕГС РАН,
г. Якутск, shibaev@emsd.ysn.ru

²Институт полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера
Бремерхафен, Германия, wolfram.geissler@awi.de

³Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН,
г. Якутск, kozmin@diamond.ysn.ru

Аннотация. На основе материалов, полученных в 2020 г. с 20 стационарных цифровых сейсмических станций ЯФ ФИЦ ЕГС РАН, приводятся итоги сейсмического мониторинга территории Республики Саха (Якутия). Всего было зарегистрировано 360 землетрясений с энергетическим классом $K_p \geq 7.2$ и магнитудой $M_p \geq 1.8$. В 2019 г. их число было 380. Эпицентры подземных толчков трассировали положение в пространстве крупных сейсмических поясов, Байкало-Станового и Арктико-Азиатского, пересекающих исследуемую территорию. Значительная сейсмическая активность установлена в районе хребта Черского, где отмечены повторные толчки, приуроченные к эпицентральному полюю уже известных сильных землетрясений на территории Якутии. Также в море Лаптевых, на северо-востоке региона, определен максимум количества событий в 2020 году. Построена карта эпицентров для всей территории Республики и дан анализ сеймотектонической обстановки в 12 сейсмоактивных районах. В целом, уровень сейсмической энергии снизился по сравнению с таковым в предыдущем году.

Ключевые слова: эпицентры землетрясений, активные разломы, сейсмические пояса Якутии, литосферные плиты, глубина очага, дельта р. Лена, хребет Черского.

Для цитирования: Шибеев С.В., Geissler W., Макаров А.А., Туктаров Р.М., Куляндина А.С. Сейсмичность Якутии в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 183–188. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.16> EDN: HMUVQF

Введение. Основной задачей настоящей статьи является анализ и описание результатов мониторинга землетрясений Республики Саха (Якутия) в 2020 г. с целью выявления особенностей сейсмической активности в этот период. Проявления сейсмичности охватывают существенную часть региона площадью около $1.5 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ [1]. Территория ответственности Якутского филиала (ЯФ) ФИЦ ЕГС РАН условно разделена на 12 районов. Каждый из них значительно отличается по сеймотектоническим условиям, уровню сейсмической активности и порогу чувствительности сети (рис. 1). Для более точной локализации и выявления пространственно-корреляционных связей сейсмических событий был проведен анализ геологических структур, а также анализ их приуроченности к географическим объектам и известным эпицентральному полюю. Исследование сейсмичности было выполнено на основе информации, полученной по наблюдениям сети из 20 цифровых станций. (рис. 1).

Сеть стационарных станций. За обсуждаемый период в сети сейсмических станций Якутии, относительно таковой в 2018–2019 гг. [2], существенных изменений не произошло. Лишь на станции «Батагай» произведена замена регистратора (Прил. 1). На рис. 1 показано размещение пунктов сейсмических наблюдений. Среди них опорные станции – «Якутск» (YAK) и «Тикси» (TIXI) – задействованы в мировой системе наблюдений. Приведенная карта также отражает эпицентры землетрясений, произошедших в 2020 г., активные тектонические разломы и границы 12 районов в пределах рассматриваемого региона [3].

В Прил. 1 представлены характеристики аппаратного обеспечения действующих станций.

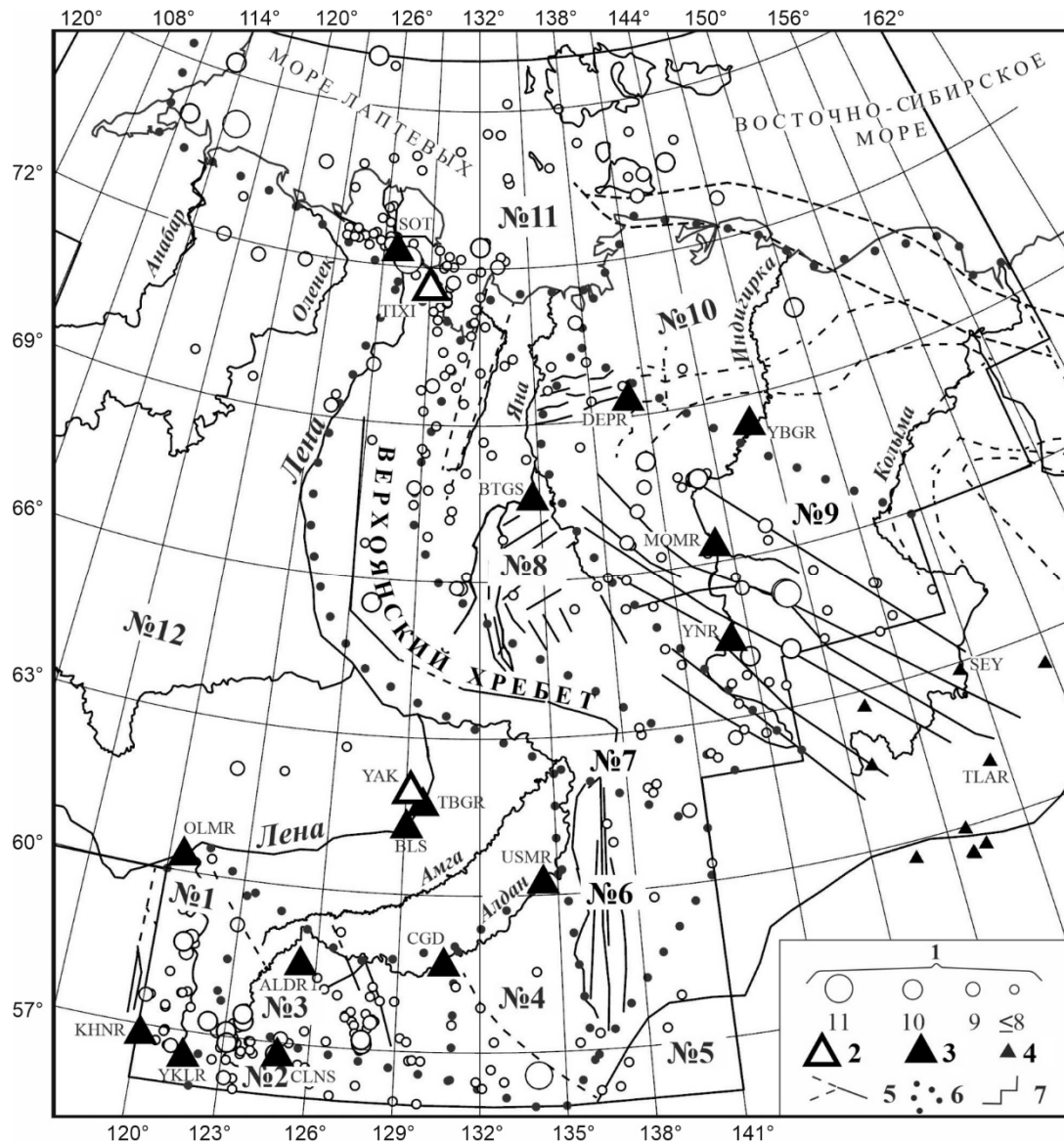


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Якутии с $K_p=7.2-11.2$ за 2020 г.

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

В рамках проекта «Seismicity and Neotectonics of Laptev Sea Region (SIOLA)» были проведены полевые работы с целью изучения сейсмической активности в арктических районах Якутии [4]. В сравнении с численностью станций в 2018–2019 гг., локальная сеть наблюдений расширилась с 25 [2] до 32 временных цифровых сейсмических станций. Они располагались в низовьях р. Лена, (непосредственно в дельте р. Лена) вдоль Оленёкской протоки и южнее пос. Тикси на западном побережье губы Буор-Хая моря Лаптевых, а также на о. Муостах в губе Буор-Хая. Сбор данных с этих станций был произведен в полевой период 2020 года.

Для определения параметров очагов землетрясений обрабатывались записи сейсмических станций ЯФ ФИЦ ЕГС РАН, а для приграничных территорий, как и ранее [2], задействовались также стационарные данные Байкальского, Магаданского и Сахалинского филиалов.

Параметры гипоцентров были определены с помощью типового программного модуля WSG [5]. Для этого были использованы алгоритмы, составленные на базе осредненного регионального годографа С.И. Голенецкого [6]. Энергетический класс землетрясений K_p оценивался по номограмме Т.Г. Раутиан [7] с пересчетом (при необходимости) в магнитуду M^p по формуле

$$M^p = (K_p - 4) / 1.8 \text{ [8]}.$$

Действующая сеть наблюдений позволила сохранить представительность $K_{\min}$ регистрации сейсмических событий на том же уровне, что и в 2018–2019 гг. [2]. Для восточных районов исследуемого региона $K_{\min}$ составляла $K_p \geq 8-9$, а в Южной Якутии нижний порог соответствовал $K_p = 7$. От побережья моря Лаптевых до Северного Приохотья (система хребтов Черского) уверенно регистрировались подземные толчки с $K_p \geq 8$. В 2020 г. для всей территории Республики Саха (Якутия) полностью фиксировались без пропусков землетрясения с $K_p \geq 11-12$.

Временные и стационарные сейсмические станции позволили фиксировать без пропусков толчки с $K_p \geq 7$ в дельте р. Лена.

Каталог землетрясений и карта эпицентров. Каталог сейсмических событий Якутии содержит сведения о 360 землетрясениях с $K_p \geq 7.2-11.2$ ($M^p = 1.8-4.0$), которые представлены в электронном приложении (Прил. 2) к настоящему выпуску журнала «Землетрясения Северной Евразии». В нем же приведены магнитуды некоторых землетрясений по объемным ($MPSP$, m_b), поверхностным (MS , M_s) волнам и сейсмическому моменту (M_w) из международных бюллетеней [9, 10]. Максимальным энергетическим классом $K_p = 11.2$ (Прил. 2), $MS = 3.8$ [9] в каталоге характеризуется событие за 1 июня в 13^h27^m в районе «Хребет Черского», а указанную в статье нижнюю величину $K_p = 7.2$ имеют 39 землетрясений из разных районов Якутии, хотя минимальный класс в фоновом каталоге равен $K_p = 6.3$. Распределение зарегистрированных землетрясений по энергетическим классам показано в табл. 1.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по районам за 2020 г.

№	Район	K_p					N_{Σ}	ΣE , Дж
		7.2–7.5*	8	9	10	11		
1	Олёкминский	15	5	5	2	–	27	$2.452 \cdot 10^{10}$
2	Становой хребет	23	31	12	5	–	71	$5.169 \cdot 10^{10}$
3	Алданское нагорье	16	16	4	3	–	39	$2.891 \cdot 10^{10}$
4	Учурский	1	10	–	–	1	12	$5.102 \cdot 10^{10}$
5	Охотский	1	4	–	–	–	5	$6.518 \cdot 10^8$
6	Хребет Сетте-Дабан	3	2	–	–	–	5	$3.491 \cdot 10^8$
7	Верхоянский хребет	9	10	10	1	–	24	$7.067 \cdot 10^9$
8	Яно-Оймяконское нагорье	15	18	4	–	–	37	$5.427 \cdot 10^9$
9	Хребет Черского	19	16	7	4	2	48	$2.752 \cdot 10^{11}$
10	Приморская низменность	–	1	–	1	–	2	$2.328 \cdot 10^9$
11	Лаптевский	22	39	10	7	–	78	$2.466 \cdot 10^{11}$
12	Восточная часть Сибирской платформы	3	4	5	–	–	12	$6.207 \cdot 10^9$
	Всего	127	156	57	23	3	360	$7.030 \cdot 10^{11}$

Примечание. *Выборка по землетрясениям с $K_p = 7$ усеченная и показывает число толчков с $K_p = 7.2-7.5$.

Анализ табл. 1 показывает, что самой подвижной в 2020 г. являлась северная часть Якутии, где выделяются два наиболее активных района: **Хребет Черского (№ 9)** и **Лаптевский (№ 11)**, где выделилось, соответственно, 39.1 % и 35.1 % всей сейсмической энергии за год. Сумма всей высвободившейся сейсмической энергии составила $\Sigma E = 7.03 \cdot 10^{11}$ Дж, что в 4 раза меньше величины $\Sigma E = 2.78 \cdot 10^{12}$ Дж в 2019 г. [11].

Расположение основных сейсмоактивных структур не изменилось. Сейсмичность региона в 2020 г. была сконцентрирована в двух крупных сейсмических поясах: Байкало-Становом (Олёкмо-Становая зона) – на юге и Арктико-Азиатском – на севере и северо-востоке Якутии. Они являются маркирующими зонами контакта крупных тектонических плит – Евразийской, Амурской и Северо-Американской.

Анализ сейсмичности по районам. Количество землетрясений с $K_p \geq 7.2$ ($M^p \geq 1.8$) в Южной Якутии (районы 1–5) в пределах Олёкмо-Становой сеймотектонической зоны практически не изменилось – 150 в 2019 г. [11] и 154 – в 2020 г. (табл. 1). Однако уровень высвободенной энергии снизился вдвое, с $\Sigma E = 3.13 \cdot 10^{11}$ Дж в 2019 г. до $\Sigma E = 1.57 \cdot 10^{11}$ Дж – в 2020 году.

Олёкмо-Становая зона (ОСЗ) протягивается между 56°–58° восточной долготы и продолжает полосу сейсмических толчков Байкальского рифта к Охотскому морю. По сравнению с активностью в предыдущем году, на западном фланге ОСЗ, в **Олёкминском** районе (№ 1), также заметно сократилось количество событий N_{Σ} с 59 до 27 (табл. 1), а уровень суммарной

сейсмической энергии снизился в 11.7 раз – с $\Sigma E = 2.88 \cdot 10^{11}$ Дж [11] до $\Sigma E = 2.45 \cdot 10^{10}$ Дж (табл. 1). Самое сильное событие с $K_p = 10.1$ ($M^p = 3.3$) в пределах нагорья за рассматриваемый период времени произошло 28 января в 08^h17^m (Прил. 2) в 150 км от Чарудинского роя [12].

Наиболее подвижным на юге Якутии в 2020 г. был район **Станового хребта (№ 2)**. Здесь самым активным был участок 6-балльного Алданского землетрясения 2008 г. [13], где зафиксировано около 30 землетрясений с $K_p = 7.2$ –10.0, тяготеющих к локальному меридиональному тектоническому нарушению, секущему Становой шов под прямым углом. Активизация зоны происходила в два условных этапа. Первый этап протекал с 16 по 20 июня, за это время произошло десять событий с $K_p = 7.2$ –9.7, а второй – с 6 по 7 ноября и содержал в себе 15 толчков с $K_p = 7.5$ –10.0. В промежутке между ними происходили редкие события, самое сильное из которых, с $K_p = 10.0$, было зафиксировано 13 июля в 23^h15^m.

Количество событий в районе **Алданского нагорья (№ 3)** сохранилось приблизительно на том же уровне ($N_\Sigma = 39$), что и в 2019 г. ($N_\Sigma = 44$) [11]. Тем не менее, за счет трех событий, относящихся к 10-му энергетическому классу, уровень суммарной выделившейся сейсмической энергии в 2020 г., равный $\Sigma E = 2.89 \cdot 10^{10}$ Дж, вырос в 2.7 раза относительно такого в 2019 г. ($\Sigma E = 1.06 \cdot 10^{10}$ Дж) [11]. Наибольшая концентрация эпицентров наблюдалась в центральной части Алданского нагорья. Здесь выделяются два небольших скопления эпицентров на расстоянии меньше 45 км друг от друга. Одно из них приурочено предположительно к тектоническому узлу пересечения Верхнетимптонского и Тыркандинского разломов, который расположен на левобережье р. Гонам. В его пределах произошло девять событий с $K_p = 7.2$ –10.1. Севернее зафиксирована группа из пяти событий $K_p = 7.2$ –9.1.

На востоке ОСЗ, в **Учурском районе (№ 4)**, было лоцировано всего 12 подземных ударов с $K_p \geq 7.2$. Здесь же 24 апреля в 11^h35^m произошло самое сильное землетрясение с $K_p = 10.7$ в южной части зоны ответственности за рассматриваемый год.

Слабые проявления сейсмичности были отмечены в **Охотском районе (№ 5)** и в районе **Хребта Сетте-Дабан (№ 6)**, вклад в общую сейсмическую энергию которых составил сотые доли процента от общей суммы, а количество сейсмических толчков с $K_p \geq 7.2$ в каждом из них – по $N_\Sigma = 5$ (табл. 1). Их энергетический класс K_p не превышал 8.0 (Прил. 2).

Северные фланги районов **Верхоянского хребта (№ 7)** и **Яно-Оймяконского нагорья (№ 8)** характеризуются широким распространением слабой сейсмичности с $K_p = 7.2$ –8.9. События с максимальным энергетическим классом в 2020 г. в каждом из них достигают лишь $K_p = 9.6$ и $K_p = 9.1$ соответственно. Эти одиночные эпицентры 26 марта в 06^h10^m и 5 марта в 00^h36^m локализованы между 65° и 66°Е (Прил. 2).

Максимум выделившейся энергии, равный $\Sigma E = 2.752 \cdot 10^{11}$ Дж, наблюдался в районе **Хребта Черского (№ 9)**. Здесь 1 июня в 13^h27^m и 20 июня в 00^h26^m были зафиксированы два сильных толчка с $K_p = 11.2$ и $K_p = 10.6$ соответственно. Они были расположены в 35 км к юго-западу от 7-балльного Верхнемомского землетрясения 2011 г. [14] и в нескольких км от самого высокого на северо-востоке Азии пика Победы (абс. отм. 3147 м). Небольшая группа из семи толчков с $K_p = 7.2$ –8.9 просматривается в центре района и тяготеет к 9-балльному Илин-Тасскому (Абыйскому) землетрясению 2013 г. [15].

Следует также отметить рассеянную сейсмичность на **Приморской низменности (№ 10)** (два землетрясения) и в районе **Восточной части Сибирской платформы (№ 12)** с $N_\Sigma = 12$ событий (табл. 1).

В **Лаптевском районе (№ 11)**, расположенном в акватории и на побережье моря Лаптевых, наиболее активны были участки на губе Буор-Хая и Кряже Чекановского, где в общей сложности произошло свыше 50 слабых землетрясений. Наиболее интенсивными среди них были моретрясение с $K_p = 11.1$, произошедшее 19 декабря в 00^h41^m восточнее о. Большой Бегичев, и землетрясение с $K_p = 10.8$, зарегистрированное 27 марта в 23^h41^m в 11 км к юго-востоку от станции «Столб» (SOT).

Заключение. В целом пространственное распределение эпицентров критично не изменилось в 2020 г., т.к. оно определяется взаимодействием крупных тектонических плит (Евразийской, Северо-Американской и Амурской). Наибольшая сейсмическая энергия выделилась в двух районах: Лаптевском (№ 11) и Черского (№ 9). В районе № 11 зафиксирован максимум количества землетрясений за 2020 г., а в районе № 9 произошли повторные толчки, тяготеющие к уже известным эпицентральному полям сильных сейсмических событий.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-00682-24) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

В подготовке электронных Приложений 1, 2 к данной статье принимали участие: С.В. Шибает, Б.М. Козьмин, Д.М. Пересыпкин, Н.Н. Старкова, А.А. Макаров, Е.В. Хастаева, С.А. Андреева, Е.Г. Денег. **Электронное приложение** App13_Yakutia_2020 (<http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>): 1 – Сейсмические станции, работавшие в Якутии в 2020 г.; 2 – Каталог землетрясений Якутии с $K_p \geq 7.2$ за 2020 год.

Л и т е р а т у р а

1. Козьмин Б.М., Имаев В.С., Имаева Л.П. Сейсмичность и современная геодинамика // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М: МАИК «Наука/Интерперидика», 2001. – С. 33–67.
2. Шибает С.В., Geissler W., Козьмин Б.М., Туктаров Р.М., Макаров А.А. Сейсмичность Якутии в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 200–209. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.16> EDN: NVOKJN
3. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмоструктура Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 226 с.
4. Шибает С.В., Geissler W., Козьмин Б.М., Туктаров Р.М., Макаров А.А. Сейсмичность Якутии в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.) – С. 187–195. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.16> EDN: XTGLLR
5. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Первой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
6. Голенецкий С.И. Землетрясения Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С. 124–135.
7. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. (Труды ИФЗ АН СССР; № 32 (199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
8. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
9. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2020. (2024) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2020/
10. International Seismological Centre. (2024). On -line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
11. Шибает С.В., Козьмин Б.М., Старкова Н.Н., Хастаева Е.В., Москаленко Т.П., Денег Е.Г. Каталог землетрясений Якутии с $K_p \geq 7.2$ за 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/zse/app-26.html>
12. Шибает С.В., Петров А.Ф., Козьмин Б.М., Имаева Л.П., Мельникова В.И., Радзиминович Н.А., Тимиршин К.В., Петрова В.Е., Гилёва Н.А., Пересыпкин Д.М. Чаруодинский рой землетрясений 2005 года и его ощутимые землетрясения: Чаруодинское-I 10 ноября в $19^{\circ}29'$ с $K_p=15.7$, $M_w=5.8$, $I_0=8$ и Чаруодинское-II 11 декабря в $15^{\circ}54'$ с $K_p=14.8$, $M_w=5.7$, $I_0=7$ (Южная Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 404–418.
13. Козьмин Б.М., Михайлова Р.С. Алданское землетрясение 8 ноября 2008 г. с $K_p=13.5$, $I_0=6$ и (Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 448–452.
14. Козьмин Б.М., Шибает С.В. Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 202–208.
15. Шибает С.В., Козьмин Б.М., Имаева Л.П., Имаев В.С., Петров А.Ф., Старкова Н.Н. Илин-Тасское (Абыйское) землетрясение 14 февраля 2013 г. с $M_w=6.7$ (Северо-Восток Якутии) // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 1. – С. 92–102. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.1.09>

SEISMICITY of YAKUTIA in 2020

S.V. Shibaev¹, W. Geissler², A.A. Makarov^{1,3}, R.M. Tuktarov¹, A.S. Kulyandina¹

¹Yakutia Branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences,
Yakutsk, Russia, shibaev@emsd.ysn.ru

²The Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research,
Bremerhaven, Germany, wolfram.geissler@awi.de

³Institute of Diamond and Precious Metal Geology, Siberian Division of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk,
Russia, kozmin@diamond.ysn.ru

Abstract. Based on the materials obtained from 20 stationary digital seismic stations of the Yakutia Branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, the results of seismic monitoring of the territory of

the Republic of Sakha (Yakutia) are presented. A total of 360 earthquakes with energy class $K_R \geq 7.2$ and magnitude $M \geq 1.8$ were registered. In 2019 their number was 380. Epicenters of ground shocks traced the large seismic belts (Baikal-Stanovoy and Arctic-Asian) crossing the study area. Significant seismic activity was established in the area of the Chersky Ridge, where repeated ground shocks were noted, confined to the epicentral fields of already known strong earthquakes in the territory of Yakutia. Also, in the Laptev Sea, in the north-east of the region, the maximum number of events in 2020 was determined. A map of epicenters was plotted for the entire territory of the Republic and the seismotectonic situation in 12 seismically active areas was analyzed. In general, the level of seismic energy decreased compared to the previous year.

Key words: earthquake epicenters, focal mechanism, active fault, seismic belt of Yakutia, lithospheric plate, source depth, delta of the Lena River, Chersky Ridge.

For citation: Shibaev, S.V., Geissler, W., Makarov, A.A., Tuktarov, R.M., & Kulyandina, A.S. (2024). [Seismicity of Yakutia in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 183–188. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.16> EDN: HMUVQF

References

1. Koz'min, B.M., Imaev, V.S., & Imaeva, L.P. (2001). *Sejsmichnost' i sovremennaya geodinamika* [Seismicity and modern geodynamics]. – Moscow, Russia: MAIK "Nauka/Interperiodika" Publ., 33–67. (In Russ.).
2. Shibaev, S.V., Geissler, W., Koz'min, B.M., Tuktarov, R.M., & Makarov, A.A. (2023). [Seismicity of Yakutia in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 200–209. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.16> EDN: NVOKJN
3. Imaev, V.S., Imaeva, L.P., & Koz'min, B.M. (2000). *Seismotektonika Yakutii* [Seismotectonics of Yakutia]. Moscow, Russia: GEOS Publ., 226 p. (In Russ.).
4. Shibaev, S.V., Geisler, V., Kozmin, B.M., Tuktarov, R.M., & Makarov, A.A. (2022). Seismicity of Yakutia in 2016–2017. Earthquakes of Northern Eurasia, 25 (2016–2017), 187–195. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.16> EDN: XTGLLR (In Russ.).
5. Krasilov, S.A., Kolomiets, M.V., & Akimov, A.P. (2006). [Organization of Digital Seismic Data Processing Usinga Software Package WSG] In *Materialy I Mezhdunarodnoy seysmologicheskoy shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seysmologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the I International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 77–83). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
6. Golenetskij, S.I. (1988). [Earthquakes of Baikal and Transbaikalia]. In *Zemletriaseniia v SSSR v 1985 godu* [Earthquakes in the USSR in 1985] (pp. 124–135). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
7. Rautian, T.G. (1964). [On the determination of the energy of earthquakes at a distance of 3000 km]. In *Ekspperimental'naya seismika. Trudy IFZ AN SSSR № 32(199)* [Experimental seismic] (pp. 88–93). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
8. Rautian, T.G. (1960). [Energy of the Earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya sejsmichnosti. Trudy IFZ AN SSSR, № 9(176)* [Methods of Detailed Study of the Seismicity] (pp. 75–114). Moscow, Russia: Inst. Fiz. Zemli Akad. Nauk SSSR Publ. (In Russ.).
9. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2020. (2024). Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2020
10. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
11. Shibaev, S.V., Koz'min, B.M., Starkova, N.N., Hastaeva, E.V., Moskalenko, T.P., & Denega, E.G. (2021). [Catalogue of earthquakes and explosions of Yakutia from $K_R \geq 7.2$ for 2018, 2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26 (2018, 2019), Appendix on CD. (In Russ.).
12. Shibaev, S.V., Petrov, A.F., Koz'min, B.M., Imaeva, L.P., Mel'nikova, V.I., Radziminovich, N.A., Timirshin, K.V., Petrova, V.E., Gileva, N.A., & Peresypkin, D.M. (2011). [The Charuoda swarm of earthquakes and its perceptible earthquakes: Charuoda-I of November 10 with $K_R=15.7$, $M_w=5.8$, $I_0=8$ and Charuoda-II of December 11 with $K_R=14.8$, $M_w=5.7$, $I_0=7$ earthquakes (South Yakutia)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2005 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2005] (pp. 404–418). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
13. Koz'min, B.M., & Mikhailova, R.S. (2014). [Aldan earthquake on November 8, 2008 with $K_R=13.5$, $I_0=6$ and (Yakutia)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2008 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2008] (pp. 448–452). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
14. Koz'min, B.M., & Shibaev, S.V. (2017). [Yakutia]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2011 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2011] (pp. 202–208). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
15. Shibaev, S.V., Koz'min, B.M., Imaeva, L.P., Imaev, V.S., Petrov, A.F., & Starkova, N.N. (2020). [Ilin-Tass (Abyiskoe) earthquake on February 14, 2013 with $M_w=6.7$ (North-East of Yakutia)]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(1), 92–102. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.1.09>