

УДК 550.348. (571.56)

Илин–Тасское (Абыйское) землетрясение 14 февраля 2013 г. с $M_w=6.7$ (северо–восток Якутии)

© 2020 г. С.В. Шibaев¹, Б.М. Козьмин^{1,2}, Л.П. Имаева³,
В.С. Имаев³, А.Ф. Петров¹, Н.Н. Старкова¹

¹ЯФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Якутск, Россия; ²ИГАБМ СО РАН, г. Якутск, Россия;

³ИЗК СО РАН, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Приводятся сведения о сильном Илин–Тасском (Абыйском) землетрясении, отмеченном 14 февраля 2013 г. в Северо–Восточной Якутии с $M_w=6.7$. Очаг приурочен к сеймотектонической зоне Черского (СЗЧ), входящей в Арктико–Азиатский сейсмический пояс, разделяющий Евразийскую и Североамериканскую литосферные плиты в Северо–Восточной Азии. Интенсивность толчка в эпицентре соответствовала 9 баллам. Анализируются инструментальные и макро–сейсмические данные, фокальный механизм и сеймотектоническая обстановка в эпицентральной области. Устанавливается взаимосвязь землетрясения с крупным региональным Илин–Тасским разломом. Делается вывод, что возникновение Илин–Тасского (Абыйского) землетрясения произошло в результате надвиговых смещений вдоль упомянутого разлома при столкновении Евразийской и Североамериканской плит в условиях сжатия.

Ключевые слова: сейсмичность, фокальный механизм, разлом Илин–Тас, изосейсты, Евразийская и Североамериканская плиты.

Для цитирования: Шibaев 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>

Введение

Начало XXI в. ознаменовалось на северо–востоке Якутии усилением сейсмической активности. Одним из значительных её проявлений за время существования здесь сети инструментальных наблюдений является Илин–Тасское (Абыйское) землетрясение. Оно произошло 14 февраля 2013 г. в $13^{\text{h}}13^{\text{m}}$ с $M_w(\text{GCMT})=6.7$ на глубине 14 км. Его координаты соответствовали 67.58°N и 142.67°E . Интенсивность сотрясений в эпицентре могла достигать 9 баллов по шкале MSK-64 [Медведев и др., 1965]. После главного удара в течение года последовала серия повторных толчков из более чем четырёх тысяч событий, включая слабые [Шibaев и др., 2019].

Эпицентральная зона Илин–Тасского (Абыйского) землетрясения приурочена к северо–западному окончанию крупной тектонической структуры (Момский хребет и кряж Андрей–Тас), сложенной морскими отложениями верхней юры и осадочно–континентальными толщами нижнего мела, интенсивно дислоцированными

в систему линейных складок северо–западного простирания. Примыкающая к ней с северо–востока Индигиро–Зырянская впадина представлена меловыми и кайнозойскими отложениями, которые далее к северу сменяются осадками Яно–Индигирской низменности (рис. 1). Тектоническая природа взаимоотношения этих двух крупных структурных элементов в неотектоническое время определяется горизонтальным короблением Момского хребта и формированием протяжённого сводового поднятия, протягивающегося от р. Индигирки до р. Колымы, которое своим северо–восточным флангом надвинуто на край Индигиро–Зырянской впадины [Имаев и др., 1990].

В структурном плане зона Илин–Тасского (Абыйского) землетрясения тяготеет к области динамического влияния одноименного разлома, относящегося к региональной Индигиро–Колымской сдвиговой системе Верхояно–Колымской складчатой области, именуемой также сеймотектонической зоной хребта Черского [Гусев и др., 1976; Имаев и др., 2000].

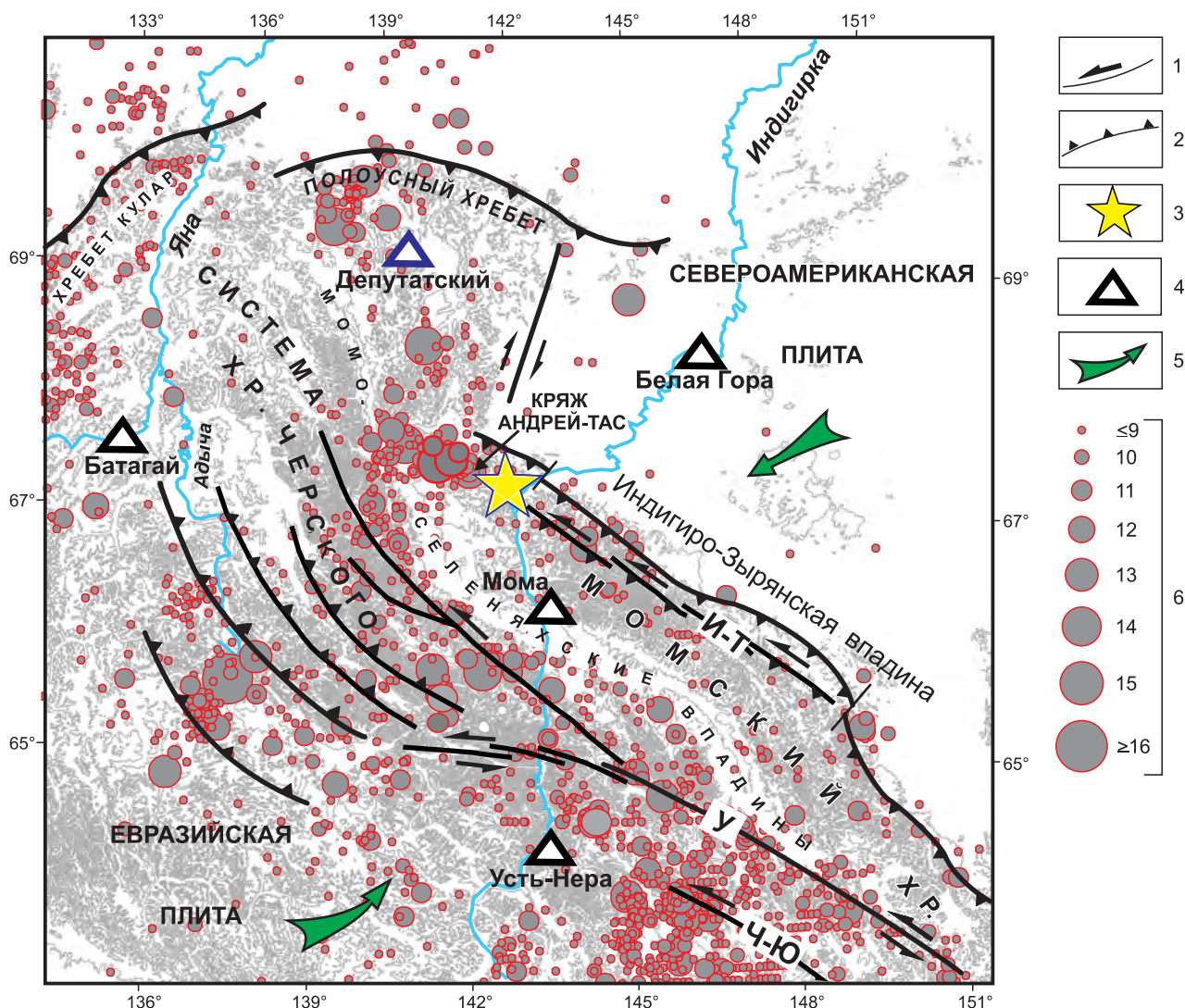


Рис. 1. Сейсмичность и активные разломы сейсмотектонической зоны хр. Черского.

Разломы: 1 – сдвиги (У – Улахан, Ч-Ю – Чай-Юреинский); 2 – надвиги и взбросы (И-Т – Илин-Тасский); 3 – эпицентр Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения; 4 – стационарная сейсмическая станция; 5 – направление движения литосферных плит; 6 – эпицентры землетрясений с энергетическим классом $K_p=9-16$.

Разлом трассируется между реками Инди́гирка и Колы́ма вдоль границы сочленения Момского хребта с Инди́гиро-Зырянской впадиной на расстоянии более 500 км и далее, менее надёжно, до побережья Охотского моря. По данным структурно-геологических исследований кинематика этого дизъюнктива соответствует надви́гу с компонентой левого сдвига [Имаев и др., 2000; Гусев, 1979]. В геофизических полях он отражается изменением кольцевидного рисунка магнитных аномалий, а в пределах кряжа Андрей-Тас – крупным максимумом поля силы тяжести с чёткой гравитационной ступенью [Гусев и др., 1976; Гусев, 1979].

Упомянутая Инди́гиро-Колымская сеть тектонических нарушений (разломы северо-западного

прости́рания: Улахан, Илин-Тасский и др.) в свою очередь образует крупнейшую разломную систему, разделяющую Евразийскую и Североамериканскую литосферные плиты, господствующие на северо-востоке Азиатского континента [Имаев и др., 1990; Имаев и др., 2000].

Таким образом, цель настоящего исследования состоит в изучении особенностей возникновения сильного 9-балльного Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения 2013 г. и выявления его взаимосвязей с «живыми» структурными линеаментами. Такие катастрофические события, редкие для Северо-Востока России, вместе с тем часто происходят в сейсмических поясах Земли на границах крупных литосферных

плит, какими в нашем случае являются Евразийская и Североамериканская.

Обзор сейсмичности

За почти 60 лет инструментальных наблюдений в сейсмотектонической зоне хр. Черского, включающей хребты Черского и Момский, отмечено свыше 30 тыс. подземных толчков. Большая часть из них локализована в зонах сейсмоактивных разломов Улахан, Чай-Юреинский, Адыч-Тарынский, Дарпир, Илин-Тасский и др. [Имаев и др., 1990; Имаев и др., 2000] (рис. 1). Их современную мобильность контролирует сеть из семи стационарных арктических цифровых сейсмических станций Якутского филиала ФИЦ ЕГС РАН [Козьмин, Шибаетов, 2019] на основе записей землетрясений с $K_p \geq 8$. Повышенный темп тектонических движений отмечен в зонах разломов Улахан и Чай-Юреинский. В зоне Илин-Тасского нарушения в поднятии Момского хребта имеет место слабая сейсмичность, где отмечены только единичные события с $K_p \geq 12$, а также несколько десятков толчков с $K_p = 9-11$. Лишь в конце XX и начале XXI вв., предшествующих настоящему временному интервалу, активизировался северо-западный фланг Илин-Тасского разлома в пределах кряжа Андрей-Тас, где был зафиксирован ряд крупных сейсмических ударов с $K_p = 13-15$. Таковыми являются Селенняхское землетря-

сение 07.01.1999 г. с $K_p = 13$, $MS = 5.0$ [Козьмин, 2005] и Андрей-Тасское событие 22.06.2008 г. с $K_p = 15.6$, $Mw = 6.1$ [Шибаетов и др., 2014] с интенсивностью в эпицентре до 7–8 баллов. Спустя пять лет в непосредственной близости (68 км к востоку) от последнего названного толчка возникло исследуемое 9-балльное Илин-Тасское (Абыйское) землетрясение (рис. 1).

Инструментальные данные

Самыми близкими к очагу рассматриваемого события были сейсмические станции «Мома» ($\Delta = 125$ км), «Белая Гора» ($\Delta = 180$ км), «Депутатский» ($\Delta = 225$ км), «Усть-Нера» ($\Delta = 336$ км) и «Батагай» ($\Delta = 348$ км), расположенные в разных румбах относительно его эпицентра (рис. 1).

При определении параметров очага землетрясения были привлечены данные ближних сетей наблюдений Якутского, Магаданского, Байкальского и Сахалинского филиалов ФИЦ ЕГС РАН и сведения из Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН [Сейсмологический ...]. Удачное расположение сейсмических станций, особенно в ближней зоне к эпицентру (рис. 1), позволило определить его координаты с минимальными невязками, не превышающими 0.01° по широте и 0.03° по долготе. Локализация эпицентра производилась по методу «засечек» с использованием программы WSG [Красилов и др., 2006].

Таблица 1. Основные параметры Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения 14 февраля 2013 г. с $K_p = 15.2$ по наблюдениям ЯФ ФИЦ ЕГС РАН в сопоставлении с данными других агентств

Агентство	t_0 , чч:мм:сс.с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ , °N	$\delta\varphi$, °	λ , °E	$\delta\lambda$, °	Δ , км	h , км		
ЯФ ФИЦ ЕГС РАН	13:13:52.3	0.2	67.58	0.01	142.67	0.03		14; 9pP	$K_p = 15.2$	
GSRAS	13:13:51.6	1.0	67.56	0.08	142.68	0.04	4	14	$MS = 6.9/68$, $MPSP = 6.7/97$ $MPLP = 7.0/10$	[Сейсмологический ...]
ISC	13:13:52.7	0.4	67.52	0.03	142.70	0.03	10	8.9	$MS = 6.8/285$, $m_b = 6.6/821$	[International ...]
IDC	13:13:51.0	0.3	67.53	0.09	142.68	0.08	8	0	$MS = 6.6/52$, $m_b = 5.9/45$, $ML = 5.0/4$	[International ...]
NEIC	13:13:53.1	0.1	67.63	0.03	142.51	0.02	12	11	$MS = 6.7/116$, $m_b = 6.5/299$, $Mw = 6.6$	[International ...]
ВЛ	13:13:49.5		67.58		142.61		6	10	$MS = 7.4/97$, $m_b = 6.4/80$	[International ...]
GCMT	13:13:59.1	0.0	67.65	0.15	142.51	0.10	13	12	$Mw = 6.7/149$	[International ...]

Примечание – Δ – расстояние между эпицентром, найденным по данным региональной сети, и решениями других агентств.

По данным ISC [*International ...*], рассматриваемое событие было зарегистрировано на 3023 сейсмических станциях мировой сети. Его параметры, полученные разными сейсмологическими агентствами, представлены в табл. 1.

Как видно из рис. 2, региональный эпицентр, отмеченный крестиком, занимает центральное положение относительно других его вариантов по широте и фактически совпадает с ними по долготе. Ближе всего к нему на расстояниях 4–8 км фиксируются эпицентры, рассчитанные агентствами GSRAS, IDC и ВЛ. Далее других локализованы эпицентры сейсмологических центров ISC, NEIC и GCMT (10–13 км). Таким образом, региональное решение хорошо коррелируется с другими определениями.

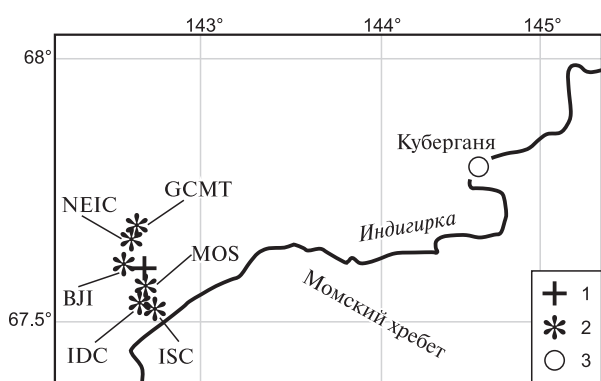


Рис. 2. Местоположение эпицентра Илин-Тасского (Абыйского) события по решениям разных агентств:

- 1 – эпицентр по материалам ЯФ ФИЦ ЕГС РАН;
- 2 – решения других сейсмологических центров;
- 3 – населённый пункт

Глубина гипоцентра $h=14$ км (табл. 1) по данным ЯФ ФИЦ ЕГС РАН мало отличается от оценок h остальных мировых центров, за исключением решения IDC, которое имеет нулевое значение, что маловероятно. В итоге гипоцентр Илин-Тасского землетрясения расположен в верхней части земной коры, мощность которой составляет здесь 40 км [Mackey et al., 1998].

Расчётная интенсивность I_0

Из табл. 1 следует, что магнитуды для наибольшего числа станций, зарегистрировавших данное событие, и рассчитанные по поверхностным волнам, равны: $M_s(\text{ISC})=6.8/285$, $M_s(\text{ВЛ})=7.4/97$, а моментная магнитуда $M_w(\text{GCMT})=6.7/149$. Приведённые магнитуды имеют одинаковый порядок, что в целом подтверждает их согласованность.

Используя эти данные, выполним расчёты интенсивности сотрясений I_0 в эпицентре для упомянутых магнитуд и глубины очага $h=14$ км на основе уравнения макросейсмического поля из [Козьмин, 1987]:

$$I_0=1.5 \cdot M - 3.2 \cdot \lg h + 2.7.$$

В результате имеем следующие значения интенсивности в эпицентре: $I_0=9.2, 10.1, 9.0$, или в среднем 9 баллов.

Сопоставим варианты расчётной интенсивности I_i с интенсивностью, наблюдаемой в ближайшем населённом пункте Куберганя, расположенном в 75 км к северо-востоку от эпицентра. Гипоцентральное расстояние для данного события при $h=14$ км и $\Delta=75$ км будет составлять $r=76.5$ км. После расчётов получаем $I_i=7.0, 7.9$ и 6.8 баллов, или осреднённое значение в 7 баллов. По результатам обследования жилых построек непосредственно в селе Куберганя и опроса его жителей выявлены сейсмические воздействия, которые соответствовали 7 баллам, что совпадает с выполненными расчётами. Это ещё раз подтвердило целесообразность использования действующего уравнения макросейсмического поля для оценки интенсивности сейсмических колебаний.

Макросейсмические данные

Для изучения возможных сейсмотектонических проявлений в эпицентральной зоне использовались данные Геопортала Роскосмоса [<https://gptl.ru/>]. Так как землетрясение произошло зимой в ненаселённой горно-таёжной местности, то на космических снимках не удалось обнаружить зону максимальных сейсмических воздействий. Однако по свидетельству сельских жителей (рыбаков) выяснилось, что после главного толчка в ближайших к эпицентру озёрах Индигиро-Зырянской впадины был взломан лёд, и выступила верховая вода. Подобные проявления были замечены также в русле р. Индигирки в виде отдельных глубоких трещин в ледовом покрытии, впоследствии засыпанных снегом во время метели. Эти данные позволили примерно очертить район землетрясения и подтвердить значительную интенсивность произошедшего события.

Дешифрирование летних космических снимков выявило следующую «картину» сейсмотектонических нарушений. Так, в верховьях р. Никондя и её притока р. Буор-Юрях (бассейн р. Селеннях, левого притока р. Индигирки) было обнаружено подновление субширотной

плоскости взбросо-сдвигового разлома, установленного по данным геологической съёмки. На его восточном фланге, который примыкает непосредственно к эпицентральной области Илин-Тасского землетрясения, была зафиксирована серия радиальных трещин и многочисленные сейсмогравитационные проявления. В истоках р. Чалкин (бассейн р. Селеннях) диагностирован разлом северо-восточного простирания протяжённостью до 6 км, пересекающий водораздельный хребет между притоками рек Селеннях и Индигирки. В этой структуре по периметру контакта палеоген-неогеновых и меловых отложений отмечены многочисленные склоновые смещения грунта типа оползней и обвалов [Имаева et al., 2015]. Не исключено, что обнаруженные здесь сеймотектонические и сейсмогравитационные проявления могли быть также вызваны прежними сейсмическими событиями, произошедшими в кряже Андрей-Тас в 1999 г. с $K_p=13$ ($MS=5.0$) [Козьмин, 2005] и в 2008 г. с $K_p=15.6$ ($MS=5.7$) [Шибает и др., 2014] до появления землетрясения 2013 года. На это указывает близость их плейстосейстовых зон (рис. 1).

В итоге, несмотря на небольшую плотность населения, в восьми арктических районах (Абыйском, Верхоянском, Оймяконском, Момском, Верхнеколымском и др.) Республики Саха (Якутия) удалось собрать информацию о последствиях толчка из сообщений местного населения, газет, личных наблюдений на месте, сведений из Интернета и телефонных переговоров, на основе которой была построена карта изосейст Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения (рис. 3). Оно ощущалось в 24 населённых

пунктах республики, расположенных в междуречье Яны–Индигирки–Колымы. Общая площадь сотрясений составила около 500 тыс. км². Эти сведения приведены в табл. 2.

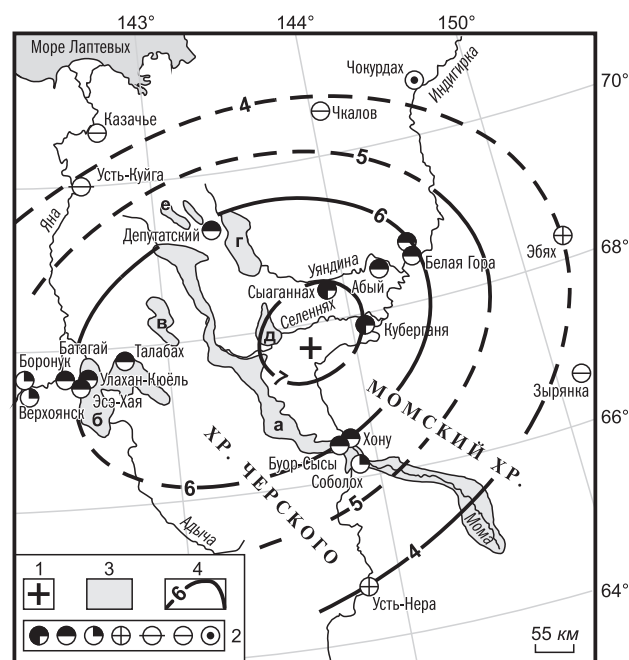


Рис. 3. Карта изосейст Илин-Тасского землетрясения 14 февраля 2013 г. с $K_p=15.2$, $M_w=6.7$.

1 – инструментальный эпицентр; 2 – интенсивность сотрясений $I=7, 6, 5, 4, 3-4, 3$ и 2 балла соответственно [Медведев и др., 1965]; 3 – кайнозойские впадины: Момо-Селенняхская (а), Туостахская (б), Неннелинская (в), Уяндинская (г), Томмотская (д), Иргичанская (е) [Имаев и др., 1990]; 4 – изосейсты (сплошные линии – уверенные, штриховые – предполагаемые)

Таблица 2. Макросейсмические сведения об Илин-Тасском (Абыйском) землетрясении 14 февраля 2013 г. в 13^h13^m с $K_p=15.2$

№	Пункт	Δ , км	φ , °N	λ , °E	№	Пункт	Δ , км	φ , °N	λ , °E
7 баллов					5 баллов				
1	Куберганя	75	67.77	144.49	14	Боронук	398	67.58	133.45
2	Сыганнах	97	68.37	143.63	15	Верхоянск	400	67.55	133.38
6 баллов					4 балла				
3	Хонуу	125	66.46	143.22	16	Сасыр	330	65.17	147.08
4	Буор-Сасы	125	66.48	143.05	17	Усть-Нера	336	64.57	143.23
5	Абый	132	68.40	145.08	18	Эбях	345	68.40	150.75
6	Соболох	176	66.25	143.30	3–4 балла				
7	Белая Гора	180	68.54	146.20	19	Усть-Куйга	398	70.03	135.55
8	Сутуруоха	185	68.55	146.16	3 балла				
9	Депутатский	225	69.34	139.95	20	Чкалов	330	70.50	144.13
10	Табалах	265	67.81	136.47	21	Зырянка	410	66.73	150.90
11	Улахан-Кюель	314	67.53	135.50	22	Казачье	440	70.83	136.18
12	Эсэ-Хая	345	67.54	134.69	2–3 балла				
13	Батагай	348	67.76	134.66	23	Среднеколымск	490	67.45	153.72
					2 балла				
					24	Чокурдах	398	70.62	147.90

Время возникновения землетрясения соответствовало 13^h13^m по Гринвичу (для западной половины территории, где оно ощущалось, была полночь, для восточной – первый час ночи 15 февраля по местному времени), когда многие жители северных районов республики располагались ко сну или уже спали. В момент подземного удара большинство из них было разбужено, особенно в населённых пунктах рядом с эпицентром.

I=7 баллов. В самом близком к эпицентру селе Куберганя (75 км к северо-востоку от эпицентра), где находятся в основном деревянные 1–2-х этажные постройки, дребезжали посуда, стёкла окон. Открывались и закрывались двери. Дрожала, скрипела и сдвигалась мебель, раскачивались электролампочки. В отдельных домах деформировало косяки дверей, так что они стали плохо закрываться. Со столов, полок, шатающихся шкафов падали книги, часы и другие предметы. От сотрясения домов и мощного гула проснулось всё население. Многие жители в испуге выбегали на улицу при температуре –50°С. Утром обнаружилось смещение кирпичей в трубах отдельных домов и сошёл снег с крыш. На близлежащих озёрах вокруг села и реке Индигирке треснул лёд и образовались наледи.

В селе Сыганнах (100 км к северу от эпицентра) в момент толчка в домах стало сильно трясти: мебель, посуда, потолочные лампы, полы, стены – всё ходило ходуном и сопровождалось резким хлопком, похожим на взрыв. Было впечатление, что дома разваливаются. Это продолжалось примерно 15 минут. Проснулись все жители. В некоторых семьях началась паника, стали будить детей, одевать и выводить на улицу при температуре –52°С. В домах с цементными стенами появились мелкие трещины. Местами лёд на озёрах был разбит и выступила верховая вода.

I=6 баллов. 6-балльные возмущения наблюдались в ряде административных центрах арктических районов Якутии: Белая гора, Депутатский, Батагай, Хону. В пос. Хону и селе Буор-Сасы (125 км к югу от эпицентра) отмечены раскачивание деревянных домов на сваях, повсеместно – скрип полов, потолочных перекрытий, звон посуды, дребезжание оконных стёкол, сдвигалась мебель, падали предметы со стола и полок, открывались и закрывались двери. Отмечен общий испуг, а некоторые жители испытали головокружение. Был слышен сильный гул, похожий на рёв бульдозера.

В селе Абый (132 км к северо-востоку), пос. Белая гора (180 км к северо-востоку) и селе

Сутуруоха (185 км к северо-востоку) наблюдались те же эффекты, что и в Хону, и замечено, что во время землетрясения пропала мобильная связь.

В пос. Депутатский (225 км к северо-западу) население проживает в 5-этажных блочных домах, где сотрясения на верхних этажах достигали шести и даже в единичных случаях, возможно, больше (эффект этажности). Наблюдались испуг и паника. Столы, посуда, люстры – всё колебалось. Дрожали, сдвигались диваны, полки. Картина склонилась на стене. Многие выбегали на улицу, несмотря на ночное время. В здании пищеблока межрайонного дома-интерната в стенах были обнаружены трещины размером 0.2–0.5 см.

В сёлах Табалах и Улахан-Кюель (265 и 268 км к западу соответственно) проснулось испуганное население. Оставались на местах. Был слышен сильный гул. Дребезжала посуда, стёкла окон. Качалась мебель. Повреждена штукатурка в детском саду и столовой. Все почувствовали два сильных толчка.

В селе Эсэ-Хая (345 км к западу) проснулись все жители от интенсивных колебаний стен и полов. Возник сильный гул, как от близкого взрыва. Многие жители были напуганы. Скрипели полы и потолки. Дребезжала посуда, стёкла окон. Сдвинулся стол. Исчезла сотовая связь. Во время землетрясения начал бегать кот и лаяли собаки.

В пос. Батагай (348 км к юго-западу) проснулось большинство жителей от сильной вибрации и мощного гула. От неожиданности люди испытали испуг. Предметы (компьютер, игрушки и др.) сдвигались с места, падали со столов, полок (аэропорт). Шатались стены, люстры. Казалось, что трескается земля. Была повреждена штукатурка в отдельных домах. 30 минут не было сотовой связи.

I=5 баллов. В селе Боронук (398 км к западу) был слышен сильный гул, как будто трескается земля. Спящие проснулись, испугались, но оставались на местах. Ощутили два толчка. Открывались двери, скрипели полы и мебель, дребезжали посуда и стёкла окон. Раскачивались электролампочки.

В г. Верхоянске (400 км к западу) замечены беспокойство и испуг населения, многие проснулись. Был слышен сильный гул. В большинстве 2-х этажных деревянных домов толчок сильнее ощущался на вторых этажах. Открывались и закрывались двери, дрожала, скрипела и сдвигалась мебель. Ощущали вибрации стен, стёкол, дребезжала посуда, качались люстры.

I=4 балла. В пос. Усть-Нера (336 км к юго-востоку) был слышен гул. Некоторые жители

проснулись, оставались на местах. Лучше всего землетрясение было замечено на верхних четвёртом и пятом этажах каменных домов. Звенела посуда. Слегка раскачивалась люстра и колебались шторы.

В сёлах Сасыр (330 км к юго-востоку) и Эбях (345 км к северо-востоку) отдельные жители проснулись от глухого гула, похожего на гром. В деревянных домах наблюдалось лёгкое движение полов. Был слышен скрип потолочных балок, а также дребезжали железные печки.

I=3 балла. В сёлах Чкалов (332 км к северу), Усть-Куйга и Казачье (398 и 440 км к северо-западу) толчок был замечен некоторыми не спавшими жителями в виде волны слабых колебаний. В пос. Зырянка (410 км к юго-востоку) слабая вибрация ощущалась на верхних этажах (4–5 этажи) каменных домов. Пошатнулся стол и внезапно запестрил экран компьютера.

I=2–3 балла. В г. Среднеколымске (490 км к северо-востоку) и пос. Чокурдах (398 км к северу) дежурные в аэропортах наблюдали лёгкий шелест прошедших колебаний, а также помехи на экранах приборов.

Из всех изосейст (от 7 до 4 баллов) на рис. 3 наиболее уверенно проведена изолиния 6-го балла, остальные показаны штриховой линией как предполагаемые из-за недостатка сведений (низкая плотность населения). Вместе с тем этих данных достаточно, чтобы подтвердить здесь устойчивый тренд наибольшего распространения сейсмических возмущений в направлении

северо-восток–юго-запад. Своей большой осью эллипсы-изосейсты пересекают вкострости основные структурные элементы, преобладающие на этой территории (хребты, впадины, разломы) (рис. 1 и 4). Подобные изосейсмальные карты были построены раньше для Уяндинского землетрясения 22.11.1984 г. с $MS=4.5$, $I_0=6$ [Козьмин, 1987] и Андрей-Тасского землетрясения 22.06.2008 г. с $Mw=6.1$, $I_0=7-8$ [Шибает и др., 2014]. Этот район по ориентации изосейст резко отличается от таковых на северо-западном и юго-восточном флангах сеймотектонической зоны хр. Черского. Ярким тому примером является карта изосейст Улахан-Чистайского события 20.01.2013 г. с $Mw=5.6$, $I_0=7-8$, где изолинии балльности, напротив, вытянуты с северо-запада на юго-восток вдоль трассы разлома Улахан [Козьмин, Шибает и др., 2019].

Фокальный механизм

Для Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения имеются четыре решения механизма очага по методу тензора сейсмического момента, выполненные разными агентствами и приведённые в Бюллетене ISC [International ...]. Их параметры и диаграммы представлены в табл. 3 и на рис. 4 соответственно.

Все решения фокального механизма исследуемого события (табл. 3), указывают на близкую сходимость результатов, а, следовательно, и надёжность полученных параметров.

Таблица 3. Параметры механизма очага Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения 14 февраля 2013 г. по данным мировых сейсмологических агентств из [International ...]

Агентство	t_0 , чч.мм.сс.с	h , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
			MS	M_S	Mw	T		N		P		$NP1$			$NP2$		
						PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$
GSRAS	13:13:51.6	14	6.9		6.9	61	323	29	143	0	53	117	52	52	349	52	128
NEIC-1	13:13:53.0	15		6.7	6.6	72	293	16	133	5	42	115	42	65	327	53	111
NEIC-2	13:13:53.1	11		6.7	6.6	69	307	21	132	2	42	111	47	60	331	51	118
GCMT	13:13:59.1	12			6.7	77	324	13	130	3	220	118	50	73	324	43	109

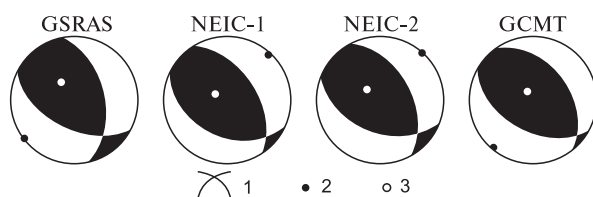


Рис. 4. Диаграммы фокального механизма Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения 14 февраля 2013 г. с $Mw(GCMT)=6.7$ по данным разных агентств.

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно. Зачернена область волн сжатия

Движения в очаге соответствовали надвигу. При этом вектор сжатия в фокусе землетрясения действовал горизонтально (угол наклона к горизонту $0-5^\circ$) в направлении северо-восток–юго-запад (азимут $42-53^\circ$ и 220°), а вектор растяжения – под углом $61-77^\circ$ к горизонту в направлении северо-запад–юго-восток (азимут $293-324^\circ$). Обе плоскости сместителя были ориентированы наклонно: *NP1* с падением на юго-запад под углом $42-52^\circ$ и *NP2* с падением на северо-восток под углом $43-52^\circ$ и простираемостью обеих в направлении северо-запад–юго-восток. Обсуждаемые параметры были сопоставлены с морфо-кинематической характеристикой Илин-Тасского разлома [Гусев и др., 1976; Имаев и др., 2000], к которому приурочен эпицентр землетрясения.

Сравнение сейсмологических и геологоструктурных данных указывает на их тождественность. Так, разлом имеет северо-западное простираемостью (азимут 310°) и падение на юго-запад (азимут 220°) под углом $60-80^\circ$. Его кинематика – надвиг, местами – взбросо-сдвиг [Гусев и др., 1976; Имаев и др., 2000]. Перечисленные элементы разлома дополняются материалами изучения геологических разрезов зоны сочленения Момского хребта с Индигиро-Зырянской впадиной, в том числе материалами бурения скважин, подтверждающих надвигание массива древних пород этого горного поднятия на молодые осадочные толщи впадины с юго-запада на северо-восток [Гайдук, Прокопьев, 1999].

Характеристики нодальных плоскостей из фокальных механизмов позволяют в первом приближении считать любую из них за рабочую плоскость подвижки. Однако их разное падение (одна – наклонена к юго-западу, а другая – к северо-востоку) не позволяет это сделать однозначно. Приходится привлекать геологические данные, которые уверенно поддерживают выбор в пользу плоскости *NP1*.

Таким образом, Илин-Тасское (Абыйское) землетрясение 2013 г. показало, что ранее малоактивная северо-восточная окраина сейсмостектонической зоны хребта Черского (контакт Момского хребта с Индигиро-Зырянской впадиной) обладает значительным сейсмическим потенциалом. При этом максимум активности отмечен только в пределах кряжа Андрей-Тас на северо-западном фланге этой области, что не исключает дальнейшего развития сейсмостектонических процессов к юго-востоку вдоль Илин-Тасского разлома, который в настоящее время слабо активен. Это, в свою очередь, зависит от особенностей взаимодействия крупных литосферных плит

(Евразийской и Североамериканской), которые сталкиваются между собой в северо-восточном направлении со скоростями до 2 мм/год и 8 мм/год соответственно (данные GPS-наблюдений [Стеблов, 2004; Apel et al., 2006]), формируя условия сжатия. Обстановку транспрессии (сжатие со сдвигом) подтверждают результаты представленных исследований.

Работа выполнена в рамках государственных заданий №№ 075-01304-20, 0381-2020-0001 и при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-05-00062) «Динамика новейших структур континентально-шельфовой зоны северо-восточного сектора Российской Арктики».

Литература

- Гайдук В.В., Прокопьев А.В. Методы изучения складчато-надвиговых поясов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 160 с.
- Геопортал Роскосмоса [сайт]. – URL: <https://gptl.ru/>
- Гусев Г.С. Складчатые структуры и разломы Верхояно-Колымской системы мезозойского периода. – М.: Наука, 1979. – 208 с.
- Гусев Г.С., Веклич В.С., Третьяков Ф.Ф. Морфокинематическая характеристика разломов Верхояно-Чукотской складчатой области // Разломная тектоника территории Якутской АССР. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1976. – С. 150–159.
- Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Активные разломы и сейсмостектоника Северо-Восточной Якутии. – Якутск: ЯИГН СО РАН, 1990. – 140 с.
- Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмостектоника Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 227 с.
- Козьмин Б.М. Землетрясения Якутии // Землетрясения в СССР в 1984 году. – М.: Наука, 1987. – С. 146–150.
- Козьмин Б.М. Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 127 с.
- Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 181–189.
- Козьмин Б.М., Шибяев С.В., Имаева Л.П., Имаев В.С., Петров А.Ф. Улахан-Чистайское землетрясение 20 января 2013 г. с $K_p=14.4$, $M_w=5.6$, $I_0=8$ (северо-восток Якутии) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 320–328.
- Козьмин Б.М., Шибяев С.В. Якутия // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 224–231.

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 Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.

Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.

Сейсмологический бюллетень (ежедекадный), 2013 [Электронный ресурс]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019.

Стеблов Г.М. Взаимодействие тектонических плит в Северо-Восточной Азии // Доклады Академии наук. – 2004. – Т. 394, № 5. – С. 689–692.

Шибаетов С.В., Козьмин Б.М. (отв. сост.), Старкова Н.Н., Каратаева А.С., Хастаева Е.В., Москаленко Т.П. (сост.). Каталог землетрясений и взрывов Якутии с $K_p \geq 7.6$ за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск:

ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.

Шибаетов С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф., Имаева Л.П., Тимиришин К.В. Андрей-Тасское землетрясение 22 июня 2008 г. с $K_p=15.6$, $M_w=6.1$, $I_0=7-8$ (Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 352–358.

Apel E., Burgmann R., Steblov G., Vasilenko N., King R., Pritkov A. Independent active microplate tectonics of Northeast Asia from GPS velocities and block modeling // Geophysical Research Letters. – 2006. – V. 33, L11303. – doi: 10:1029/2006 GL026077.

Имаева Л.П., Имаев В.С., Козьмин Б.М., Mackey K.G. Structural dynamic analysis of the epicentral zone of the Ilin-Tas earthquake (Feb 14, 2013, $M_S=6.9$) // Journal of Seismology. – 2015. – V. 19, Is. 2. – P. 341–353.

International Seismological Centre (ISC). On-line Bulletin [Site]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2015.

Mackey K.G., Fujita K., Ruff L.J. Crustal thickness of Northeast Russia // Tectonophysics. – 1998. – V. 284. – P. 283–297.

Сведения об авторах

Шибаетов Сергей Валентинович, директор Якутского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ЯФ ФИЦ ЕГС РАН), г. Якутск, Россия. E-mail: shibaev@emsd.ru

Козьмин Борис Михайлович, канд. геол.-мин. наук, вед. науч. сотр. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН); ЯФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Якутск, Россия. E-mail: b.m.kozmin@diamond.ysn.ru

Имаев Валерий Сулейманович, д-р геол.-мин. наук, гл. науч. сотр. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН), г. Иркутск, Россия. E-mail: imaev@crust.irk.ru

Имаева Людмила Петровна, канд. геол.-мин. наук, ст. науч. сотр. ИЗК СО РАН, г. Иркутск, Россия. E-mail: imaeva@crust.irk.ru

Петров Анатолий Фирсович, канд. геол.-мин. наук, гл. спец. ЯФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Якутск, Россия. E-mail: afpetrov80@yandex.ru

Старкова Нюргустана Николаевна, зав. сект. ЯФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Якутск, Россия. E-mail: stark_nn@mail.ru

The February 14, 2013 Ilin-Tas (Abyi) earthquake (Mw=6.7), Northeast Yakutia

© 2020 S.V. Shibaev¹, B.M. Kozmin^{1,2}, V.S. Imaev³, L.P. Imaeva³,
A.F. Petrov¹, N.N. Starkova¹

¹YB GS RAS, Yakutsk, Russia; ²DPMGI SB RAS, Yakutsk, Russia; ³IEC SB RAS, Irkutsk, Russia

Abstract Information on the strong Ilin-Tas (Abyi) earthquake recorded on February 14, 2013 in Northeastern Yakutia with Mw=6.7 is provided. It arose to the Chersky seismotectonic zone (SZCH), which is part of the Arctic-Asian seismic belt that separates the Eurasian and North American lithospheric plates in Northeast Asia. The intensity of the shock at the epicenter corresponded to 9. The instrumental and macroseismic data, the focal mechanism, and the seismotectonic situation in the epicenter region are analyzed. The interconnections of the earthquake with the large regional Ilin-Tas fault are established. It is concluded that the occurrence of the Ilin-Tas (Abyi) earthquake occurred as a result of thrust displacements along the mentioned fault during the collision of the Eurasian and North American plates under compression conditions.

Keywords seismicity, focal mechanism, Ilin-Tas fault, isoseisms, Eurasian and North American plates.

For citation Shibaev, S.V., Kozmin, B.M., Imaev, V.S., Imaeva, L.P., Petrov, A.F., & Starkova, N.N. (2020). [The February 14, 2013 Ilin-Tas (Abyi) earthquake (Mw=6.7), Northeast 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>

References

- Apel, E., Burgmann, R., Steblov, G., Vasilenko, N., King, R., & Pritkov, A. (2006). Independent active microplate tectonics of northeast Asia from GPS velocities and block modeling. *Geophysical Research Letters*, 33(L11303). doi: 10.1029/2006.GL026077.
- Gajduk, V.V., & Prokop'ev, A.V. (1999). *Metody izucheniia skladchato-nadvigovykh poiasov* [Methods for studying fold-thrust belts]. Novosibirsk, Russia: Nauka Publ., 160 p. (In Russ.).
- GS RAS. (2019). Bulletin of Teleseismic Stations. Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013/
- Gusev, G.S. (1979). *Skladchatye struktury i razlomy Verkhoyano-Kolymskoi sistemy mezozoid* [Folded structures and faults of the Verkhoyansk-Kolyma system of the Mesozoid]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 207 p. (In Russ.).
- Gusev, G.S., Veklich, V.S., & Tret'yakov, F.F. (1976). [Morphokinematic characteristic of faults in the Verkhoyansk-Chukotka folded region]. In *Razlomnaia tektonika territorii Yakutskoi ASSR* [Fault tectonics of the territory of the Yakut ASSR] (pp. 150-159). Yakutsk, Russia: YB SB AS USSR Publ. (In Russ.).
- Imaev, V.S., Imaeva, L.P., & Koz'min, B.M. (1990). *Aktivnye razlomy i seismotektonika Severo-Vostochnoi Yakutii* [Active faults and seismotectonics of North-East Yakutia]. Yakutsk, Russia: JINR SB RAS Publ., 140 p. (In Russ.).
- Imaev, V.S., Imaeva, L.P., & Koz'min, B.M. (2000). *Seismotektonika Yakutii* [Seismotectonics of Yakutia]. Moscow, Russia: GEOS Publ., 227 p. (In Russ.).
- Imaeva, L.P., Imaev, V.S., Koz'min, B.M., & Mackey, K.G. (2015). Structural dynamic analysis of the epicentral zone of the Ilin-Tas earthquake (Feb14, 2013, MS=6.9). *Journal of Seismology*, 19(2), 341-353.
- International Seismological Centre. (2015). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2015. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
- Koz'min, B.M. (2005). [Yakutia]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 1999 godu* [Earthquakes of Northern Eurasia, 1999] (pp. 181-189). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Koz'min, B.M. (1984). *Seismicheskie poiasa Yakutii i mekhanizmy ochagov ikh zemletriasenii* [Seismic belts of Yakutia and the focal mechanisms of their earthquakes]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 127 p. (In Russ.).
- Koz'min, B.M. (1987). [Earthquakes of Yakutia]. In *Zemletriaseniia v SSSR v 1984 godu* [Earthquakes in the USSR in 1984] (pp. 146-150). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
- Koz'min, B.M., Shibaev, S.V., Imaeva, L.P., Imaev, V.S., & Petrov, A.F. (2019). [The January 20, 2013 Ulakhan-Chistai earthquake of $K_R=14.4$, $M_w=5.6$, $I_0=8$ (Northeast Yakutia)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 320-328. (In Russ.).

- Koz'min, B.M., & Shibaev, S.V. (2019). [Yakutia]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 224-231. (In Russ.).
- Krasilov, S.A., Kolomiyets, M.V., & Akimov, A.P. (2006). [Organization of processing of digital seismological data using the WSG software package]. In *Materialy Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"*. [Proceedings of the International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 77-83). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Mackey, K.G., Fujita, K., & Ruff, L.J. (1998). Crustal thickness of Northeast Russia. *Tectonophysics*, 284, 283-297.
- Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
- Shibaev, S.V., Koz'min, B.M., Starkova, N.N., Karataeva, A.S., Hastaeva, E.V., & Moskalenko, T.P. (2019). [Catalog of earthquakes and explosions of Yakutia with $K_R \geq 7.6$ for 2013]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013). Appendix on CD-ROM. (In Russ.).
- Shibaev, S.V., Koz'min, B.M., Petrov, A.F., Имаева, Л.П., & Timirshin, K.V. (2014). [Andrey-Tassk earthquake 22.06.2008]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2008 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2008] (pp. 352-358). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Steblov, G.M. (2004). [Interaction of Tectonic Plates in Northeast Asia]. *Doklady Akademii nauk* [Doklady Earth Sciences], 394(5), 689-692. (In Russ.).

Information about authors

Shibaev Sergey Valentinovich, Director of the Yakutian Branch of Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences (YB GS RAS), Yakutsk, Russia. E-mail: shibaev@emsd.ysn.ru

Kozmin Boris Mikhailovich, PhD, Leading Researcher of the Diamond and Precious Metal Geology Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Science (DPMGI SB RAS); YB GS RAS, Yakutsk, Russia. E-mail: b.m.kozmin@diamond.ysn.ru

Имаев Valeriy Suleimanovich, Dr., Principal Researcher of the Institute of Earth's Crust of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IEC SB RAS), Irkutsk, Russia. E-mail: imaev@crust.irk.ru

Имаева Lyudmila Petrovna, PhD, Senior Researcher of the IEC SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: imaeva@crust.irk.ru

Petrov Anatoliy Firsovich, PhD, Chief Specialist of the YB GS RAS, Yakutsk, Russia. E-mail: petrov@emsd.ysn.ru

Starkova Nyurgustana Nikolaevna, Sector Manager of the YB GS RAS, Yakutsk, Russia. E-mail: stark_nn@mail.ru