

УДК 550.348. (574)

Сарыжазское землетрясение 28 января 2013 г. с $MS_{\text{рег}}=6.0$ (Раимбекский р-н Алматинской обл. Казахстана)

© 2020 г. М.О. Гессель¹, С.К. Досайбекова¹, Н.П. Неверова¹, Т.Е. Нысанбаев¹,
Т.В. Тарадаева², Н.В. Силачева², А.Н. Соколов³

¹ТОО «СОМЭ», г. Алма-Ата, Республика Казахстан;

²ТОО «Институт сейсмологии», г. Алма-Ата, Республика Казахстан;

³Центр данных РГП ИГИ МЭ РК, г. Курчатов, Республика Казахстан

Аннотация. 28 января 2013 г. на востоке высокогорного хребта Терской-Алатау, в северной части высокогорного свода Хан-Тенгри произошло сильное ($M=6.0$) Сарыжазское землетрясение с расчётной интенсивностью $I_0=7-8$ баллов, приуроченное к узлу пересечения глубинных краевых разломов – поперечного Чиликского с продольным Баянкольским. Землетрясение возникло в верхней части земной коры ($h=10$ км) под действием близгоризонтальных напряжений сжатия в субмеридиональном направлении и близгоризонтального растяжения в субширотном направлении. Тип подвижки в очаге – сдвиг по обоим возможным плоскостям разрыва. Принимая во внимание наиболее значительные разрушения в Или-Казахской автономной области и округе Аксу в Китае, можно предположить, что в очаге произошёл горизонтальный сдвиг по плоскости, субпараллельной Баянкольскому разлому северо-западного простирания. Землетрясение имело два форшока и свыше 1000 афтершоков, площадь афтершоков 10×15 км. Получены акселерограммы и спектры реакции основного толчка на 14 станциях.

Ключевые слова: Казахстан, хребет Терской-Алатау, нодальная плоскость, горизонтальный сдвиг, форшоки, афтершоки.

Для цитирования: М.О. Гессель, С.К. Досайбекова, Н.П. Неверова, Т.Е. Нысанбаев, Т.В. Тарадаева, Н.В. Силачева, А.Н. Соколов. Сарыжазское землетрясение 28 января 2013 г. с $MS_{\text{рег}}=6.0$ (Раимбекский р-н Алматинской обл. Казахстана) // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 4. – С. 69–82. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.4.07>

Введение

28 января 2013 г. в 22^h38^m по местному времени, в 16^h38^m – по Гринвичу, сейсмологически сетями Казахстана [Гессель, Неверова, 2019; Соколова, 2019] на востоке высокогорного хребта Терской-Алатау, в северной части высокогорного свода Хан-Тенгри зарегистрировано землетрясение с $K_p=14.7$, $MS_{\text{рег}}=6.0$. Координаты землетрясения $\varphi=42.52^\circ$, $\lambda=79.67^\circ$, $h=10$ км [Неверова, Михайлова, Проскурина и др., 2019]. Ближайший (40 км) к эпицентру населённый пункт – посёлок Сарыжаз Раимбекского района Алматинской области, давший название землетрясению. Сарыжазское землетрясение с расчётной интенсивностью $I_0=7-8$ баллов приурочено к узлу пересечения глубинных краевых разломов – поперечного Чиликского с продольным Баянкольским. В данной статье представлено описание результатов исследований этого землетрясения.

Макросейсмические данные

Для проведения макросейсмического обследования и сбора информации о повреждениях и разрушениях зданий и сооружений в эпицентральную область Сарыжазского землетрясения выехали 29 января 2013 г. специалисты ТОО «СОМЭ» – начальник ТШКП Н.А. Тарадаева, начальник отряда Р.А. Гашимов, инженер 1-й категории Р.А. Шухов, а также директор ТОО «Институт сейсмологии» Т.А. Абаканов и мл. науч. сотр. Б.Н. Адилхан.

Район очага Сарыжазского землетрясения на границе с Кыргызстаном и Китаем мало изучен (рис. 1). Плохие погодные условия и труднодоступность высокогорных посёлков не позволили попасть непосредственно в эпицентральную зону [Отчёт ..., 2013].

На территории Казахстана жертв и серьёзных разрушений не было. Интенсивность сотрясения

грунта в населённых пунктах Тасаш, Сарыжаз и Нарынкол вблизи эпицентральной зоны составила 6 баллов по международной макросейсмической шкале MSK-64 [Медведев и др., 1965], в пос. Кеген – 4–5 баллов. По описаниям жителей этих посёлков, был громкий гул, резкий удар, от которого все они выбежали на улицу. Скрипели двери, звенела посуда, очень сильно раскачивались люстры и лампочки. Разрушений зданий и сооружений не было обнаружено. Наблюдались единичные случаи образования трещин между блоками зданий на сейсмошвах и отслоения штукатурки в саманных строениях. Жители г. Алматы ($\Delta=225$ км) ощутили колебания земной коры с интенсивностью $I_i=3-4$ балла.

По сообщениям агентства «КазИнформ» со ссылкой на агентство «Синьхуа», на территории Китая известно о больших разрушениях и пострадавших во время этого землетрясения. Наиболее значительные разрушения отмечены в Или-Казахской автономной области (рис. 1) и округе Аксу СУАР: повреждён 5681 жилой дом, пострадал 20421 человек, полностью разрушены 216 квартир в 78 жилых домах. В уезде Чжаосу, согласно данным властей Синьцзяна, повреждены 4062 жилых дома, пострадали 14217 человек, эвакуированы 379 человек из 93 жилых зданий.

Дополнительные макросейсмические данные, приведённые ниже, собраны из разных источников [Абдрахматов и др., 2019; Сейсмологический ..., 2013–2014; Неверова, Михайлова, Лукаш, 2019] и представлены в виде таблицы пунктов-баллов в совокупности с оригинальными данными авторов статьи (табл. 1).

По территории Кыргызстана специально-го макросейсмического обследования не проводилось, но, согласно [Абдрахматов и др., 2019], землетрясение в Кыргызстане ощущалось с интенсивностью $I_i=6-7$ баллов в населённом пункте Эчкили-Таш и 6 баллов – в четырёх пунктах (Кен-Суу, Каркыра, Джергалан и Токтогул). В Сейсмологическом бюллетене [Сейсмологический ..., 2013–2014] приведены сведения о сотрясениях в следующих пунктах: Жергалан – 6–7 баллов; Каракол – 6 баллов; Алматы, Токмак, Кемин – 4–5 баллов (Казахстан); Бишкек – 4 балла (Кыргызстан). По данным [Неверова, Михайлова, Лукаш, 2019], в Алматы (Казахстан) и Бишкеке (Кыргызстан) интенсивность сотрясений составила III балла по шкале MMI [The Modified ...]. Кроме того, землетрясение ощущалось в Талгаре, Жаркенте, Чолпон-Ате, Караколе (Казахстан) и Каши (Китай).

Инструментальные данные

Инструментальные данные включают несколько разделов: сопоставление регионального решения эпицентра с решениями основных соседних и международных служб, механизм очага, форшоки и афтершоки.

Сопоставление разных решений эпицентра. Согласно бюллетеню ISC [International ..., 2019], Сарыжазское землетрясение записали 2670 сейсмических станций земного шара. Основные параметры землетрясения по материалам различных агентств представлены в табл. 2.

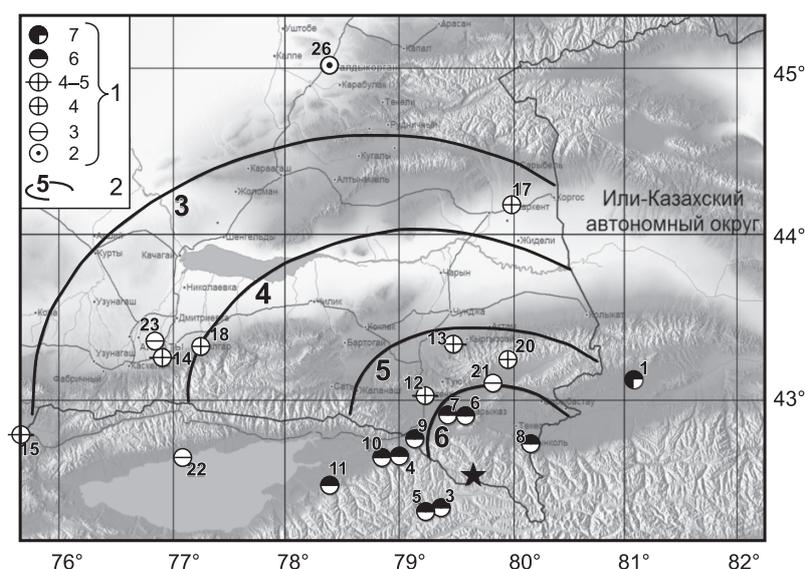


Рис. 1. Авторские изосейсты Сарыжазского землетрясения 28 января 2013 г. на территории Казахстана с $K_p=14.7$, $MS_{\text{рег}}=6.0$, и пункты-баллы, собранные из разных источников (табл. 1)

Таблица 1. Сводные макросейсмические данные из разных источников
о Сарыжазском землетрясении 2013 г. с $K_p=14.7$, $M_{\text{рег}}=6.0$

№	Пункт	Государство	φ° , N	λ° , E	Δ , км	I , балл, MSK-64	I , MMI	Источник
1	Чжаосу	Китай	43.12	81.08	133		VII	[Абдрахматов и др., 2019]
2	Аксу	Китай	41.17	80.27	158		VII	—"
3	Эчкили-Таш	Кыргызстан	42.35	79.37	31	6–7		—"
4	Жергалан (Джергалан)	Кыргызстан	42.61	79.01	56	6–7		[Неверова, Михайлова, Проскурина и др., 2019]
5	Кен-Суу	Кыргызстан	42.33	79.23	42	6		—"
6	Сарыжаз	Казахстан	42.91	79.60	44	6		наст. ст.
7	Тасаш	Казахстан	42.90	79.44	46	6		наст. ст.
8	Нарынкол	Казахстан	42.73	80.17	47	6		наст. ст.
9	Каркыра	Кыргызстан	42.76	79.15	51	6		—"
10	Токтогул	Кыргызстан	42.64	78.87	67	6		—"
11	Каракол	Кыргызстан	42.48	78.40	104	6		[Неверова, Михайлова, Проскурина и др., 2019]
12	Кеген	Казахстан	43.02	79.23	66	4–5		наст. ст.
13	«Подгорное»	Казахстан	43.33	79.49	81	4–5		наст. ст.
14	Алматы	Казахстан	43.25	76.90	240	4–5		[Неверова, Михайлова, Проскурина и др., 2019]
15	Кемин	Кыргызстан	42.79	75.69	327	4–5		—"
16	Токмак	Кыргызстан	42.82	75.31	358	4–5		—"
17	Жаркент	Казахстан	44.17	79.98	185		IV	[Неверова, Михайлова, Лукаш, 2019]
18	Талгар	Казахстан	43.31	77.24	216		IV	—"
19	Бишкек	Кыргызстан	42.87	74.57	419	4		[Неверова, Михайлова, Проскурина и др., 2019]
20	с/ст «KNDC»	Казахстан	43.22	79.97	229	4		наст. ст.
21	Кошкар	Казахстан	43.10	79.82	66		III	[Неверова, Михайлова, Лукаш, 2019]
22	Чолпон-Ата	Кыргызстан	42.65	77.08	213		III	—"
23	Боралдай	Казахстан	43.33	76.83	248		III	—"
24	Кордай	Казахстан	43.05	74.71	409		III	—"
25	Каши (Кашгар)	Китай	39.48	75.97	459		III	—"
26	Талдыкорган	Казахстан	45.02	78.37	297	2		наст. ст.

Таблица 2. Основные параметры землетрясения 28 января 2013 г. в 16^h38^m
по данным различных сейсмологических центров

Агент- ство	t_0 , чч.мм.сс.с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ , °N	δ , км	λ , °E	δ , км	h , км	δh , км		
SOME	16:38:52.4	0.22	42.517		79.667			10	$K_p=14.7$, $M_{\text{рег}}=6.0$, $MPVA=6.5$	[Неверова, Михайлова, Проскурина и др., 2019]
Центр. Азия	16:38:52.4	0.22	42.52	1.1	79.670	1.1	10		$K_p=14.7$, $MPVA=6.5$	[Абдрахматов и др., 2019]
KRNET	16:38:53.9	0.10	42.602		79.653			14	$K_p=15.0$, $MPVA=6.8$	[International ..., 2019]
NNC	16:38:53.7	0.77	42.606	5.8	79.634	3.1	0		$m_b=6.8$, $m_{pv}=6.4$	—"
MOS	16:38:51.2	1.15	42.586	4.4	79.767	3.4	8		$MPSP=6.2$, $MS=6.1$	[Сейсмологический ..., 2013–2014]
ISC	16:38:53.8	0.36	42.582	2.7	79.722	2.3	14.3	2.0	$MS=6.2$, $m_b=6.0$	[International ..., 2019]
NEIC	16:38:53.0	0.07	42.605	2.1	79.708	1.6	15 _{pp}		$MS=6.2$, $m_b=6.1$, $M_w=6.1$, $M_0=1.7 \cdot 10^{18}$ Н·м	—"
GCMT	16:38:56.6	0.10	42.57		79.760		24.4	0.4	$M_w=6.2$, $M_0=2.38 \cdot 10^{18}$ Н·м	—"
IDC	16:38:51.4	0.32	42.582	7.5	79.715	6.6	0f		$M_s=5.9$; $m_b=5.5 \pm 0.1$, $ML=5.1 \pm 0.2$	—"
BJI	16:38:52.0	1.55	42.55		79.750		15		$M_s=6.3$, $m_b=5.6$, $ML=6.4$	—"

Разброс решений невелик, по широте он равен 0.09° ($\varphi=42.52-42.61^\circ\text{N}$), по долготе – 0.17° ($\lambda=79.63-79.80^\circ$), по глубине – 24 км ($0-24\text{ км}$). По магнитудам более устойчивы магнитуды M_S и M_S по поверхностным волнам, в среднем равные 6.1 . Такое же значение имеет для этого землетрясения и моментная магнитуда $M_w=6.1$. Глубина землетрясения $h_{\text{СОМЭ}}=10\text{ км}$ близка к значению глубины $h_{\text{рп}}=14\text{ км}$, полученному в ISC [International ..., 2019].

Расчёт I_0 . По данным табл. 2 было рассчитано теоретическое значение интенсивности сотрясений I_0 в эпицентре по макросейсмическому уравнению Н.В. Шебалина [Шебалин, 1977] для Средней Азии и Казахстана:

$$I_0 = 1.5 \cdot M - 3.5 \cdot \lg h + 3.0. \quad (1)$$

Возможные значения глубины очага Сарыжазского землетрясения соответственно равны $h=10, 15$ и 24 км , а варианты магнитуды – $M=6.0, 6.1$ и 6.2 , т.е. в среднем $M_{\text{ср}}=6.1$. Тогда при $M_{\text{ср}}=6.1$ получаем три значения I_0 , равные $I_{01}=8.5, I_{02}=8.0, I_{03}=7.3$. Среднее значение расчётной интенсивности сотрясений в эпицентре составило $I_{0\text{ср}}=7.9$ баллов.

Механизм очага Сарыжазского землетрясения (табл. 3, рис. 2) определён Н.Н. Полешко и С.К. Досайбековой по знакам первых движений P -волн [Досайбекова, Полешко, 2019]. Очаг реализовался под действием близгоризонтального сжатия в субмеридиональном направлении и близгоризонтального растяжения в субширотном направлении, тип подвижки характеризуется сдвигом по обоим возможным плоскостям разрыва.

Форшоки и афтершоки. Землетрясение сопровождалось двумя форшоками (20 января в 19h41m с $K_p=7.0$ и 26 января с $K_p=4.9$) и многочисленными (1123) афтершоками [Неверова, 2019]. За первые сутки после главного события последовало порядка 500 афтершоков, из которых 420 были локализованы. Остальные толчки идентифицированы по обработке данных на одной станции «Шалкоде» (SHLS) [Гессель, Неверова, 2019], ближайшей ($\sim 70\text{ км}$) к эпицентру основного толчка. Во вторые сутки количество афтершоков снизилось почти в три раза, в третьи – наблюдалось резкое (на порядок) сокращение. Всего за 2013 г. зарегистрировано 1123 афтершока. Для наглядности большая их часть (до 30 апреля) изображена на рис. 3.

Таблица 3. Параметры осей напряжений и нодальных плоскостей в очаге Сарыжазского землетрясения

Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
T		N		P		NP1			NP2		
AZM	PL	AZM	PL	AZM	PL	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
97	15	299	74	189	6	234	75	7	142	84	166

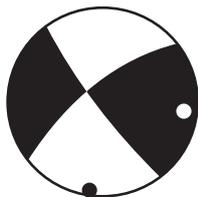


Рис. 2. Диаграмма механизма очага Сарыжазского землетрясения

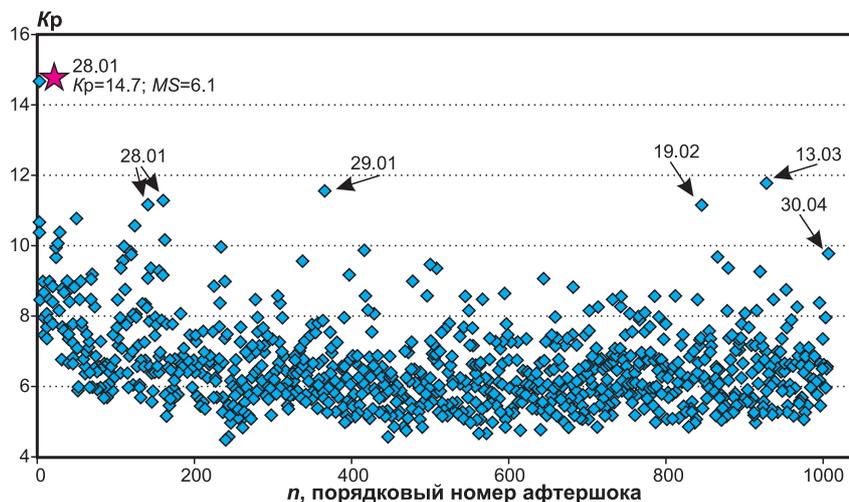


Рис. 3. Афтершоки Сарыжазского землетрясения с 28 января по 30 апреля 2013 г. Стрелками с датами отмечены афтершоки с $K_p > 11$

Максимальный ($K_p=11.8$) афтершок зарегистрирован 13 марта в 22^h32^m. Примерно таким же энергетическим классом ($K_p=11.6$) характеризуется афтершок 29 января в 08^h57^m (в первые сутки). Энергетические ступени ΔK_a между главным толчком и максимальными форшоком и афтершоком равны соответственно:

$$\Delta K_a = 14.7 - 7.0 = 7.7, \quad (2)$$

$$\Delta K_a = 14.7 - 11.8 = 2.9. \quad (3)$$

В последующие два года количество афтершоков резко снизилось: в 2014 и 2015 гг. соответственно 51 и 22 афтершока в основном слабой энергии с $K_p=6-8$.

Разброс афтершоков в пространстве изображён на рис. 4 (на фоне космоснимка).

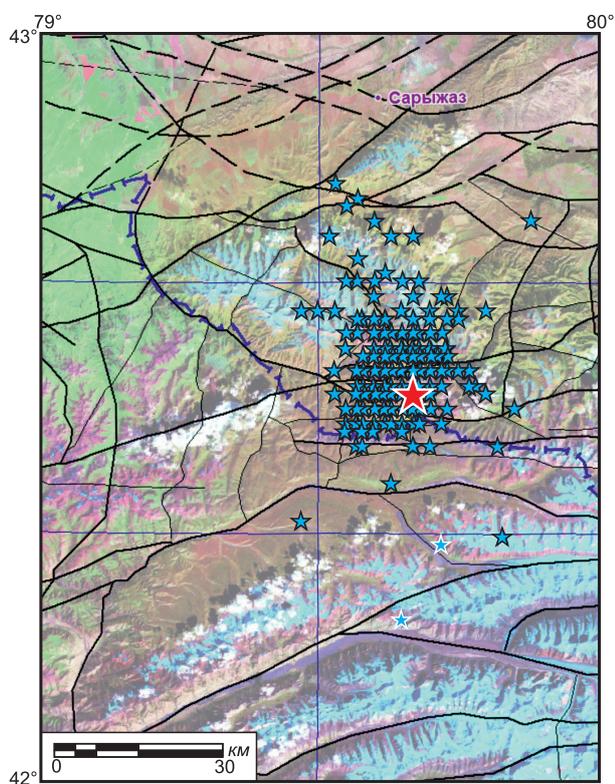


Рис. 4. Эпицентры главного толчка Сарыжазского землетрясения (красная звёздочка), его афтершоков и тектонические разломы Северного Тянь-Шаня на основе космоснимка (автор – А.Е. Великанов)

Как видим, вся афтершоковая активизация происходила в достаточно компактном объёме геологической среды практически изометричной формы, со всех сторон ограниченном разломами. Незначительное количество эпицентров афтершоков вытянуты в субмеридиональном направлении (север, северо-запад). Линейные размеры основного облака афтершоков в плане составляют 10×15 км, но ширина общей очаговой области ≈ 30 км.

Для получения более точного положения афтершоков в пространстве был применён метод двойных разностей [Рябенко, Узбеков, 2014] по программе HypoDD [Waldhauser, Ellworth, 2000], позволяющий минимизировать ошибки определения гипоцентров. По уточнённым данным (с использованием программы “zmap (matlab)”) построена трёхмерная модель очага (рис. 5). Из рис. 5 видно, что положение гипоцентров по долготе и широте после перелокации стало более компактным, однако в целом не изменилось. Распределение афтершоков по глубине дано в табл. 4, откуда следует, что наибольшее количество афтершоков произошло на глубине $h=10-20$ км.

Таблица 4. Число афтершоков Сарыжазского землетрясения 2013 г. на разных глубинах

h , км	0	5	10	25	30	35	Сумма
$N(h)$	74	95	190	59	88	100	1123

Строение земной коры и M_{max}

Как известно, в глубинном строении земной коры Северного Тянь-Шаня выделяются зоны повышенной мощности (свыше 55 км), которые, как правило, совпадают с поднятиями высокогорных хребтов, и области минимальной мощности земной коры, связанные с крупными, длительное время прогибающимися впадинами [Тимуш, 2011]. На рис. 6 представлена схема рельефа поверхности Моховичича для территории Северного Тянь-Шаня. В районе очага Сарыжазского землетрясения глубина залегания границы Мохо колеблется от 52 до 54 км, но афтершоки реализовались не глубже 35 км.

Район Сарыжазского землетрясения находится на восточной окраине хребта Терской Алатау (Восточно-Терской морфоструктурный узел) в северной части высокогорного свода Хан-Тенгри и приурочен к узлу пересечения глубинных краевых разломов – поперечного Чиликского с продольным Баянкольским. Глубинные разломы образуют Баянкольскую сейсмогенную зону, в которой возможны землетрясения с $M_{\text{max}}=7.5$ [Тимуш и др., 2012; Сыдыков, 2004]. Каждый из них ограничивает крупные блоки, сложенные гранитоидными породами. Кроме ограничений широкими зонами глубинных нарушений, свод осложнён субширотными разломами высших рангов докембрийского заложения, предельно сближенными в высокогорном узле Хан-Тенгри, и осложнён зонами поперечных разломов [Сыдыков, 2004]. Пересечение Чиликского и Баянкольского разломов считается наиболее

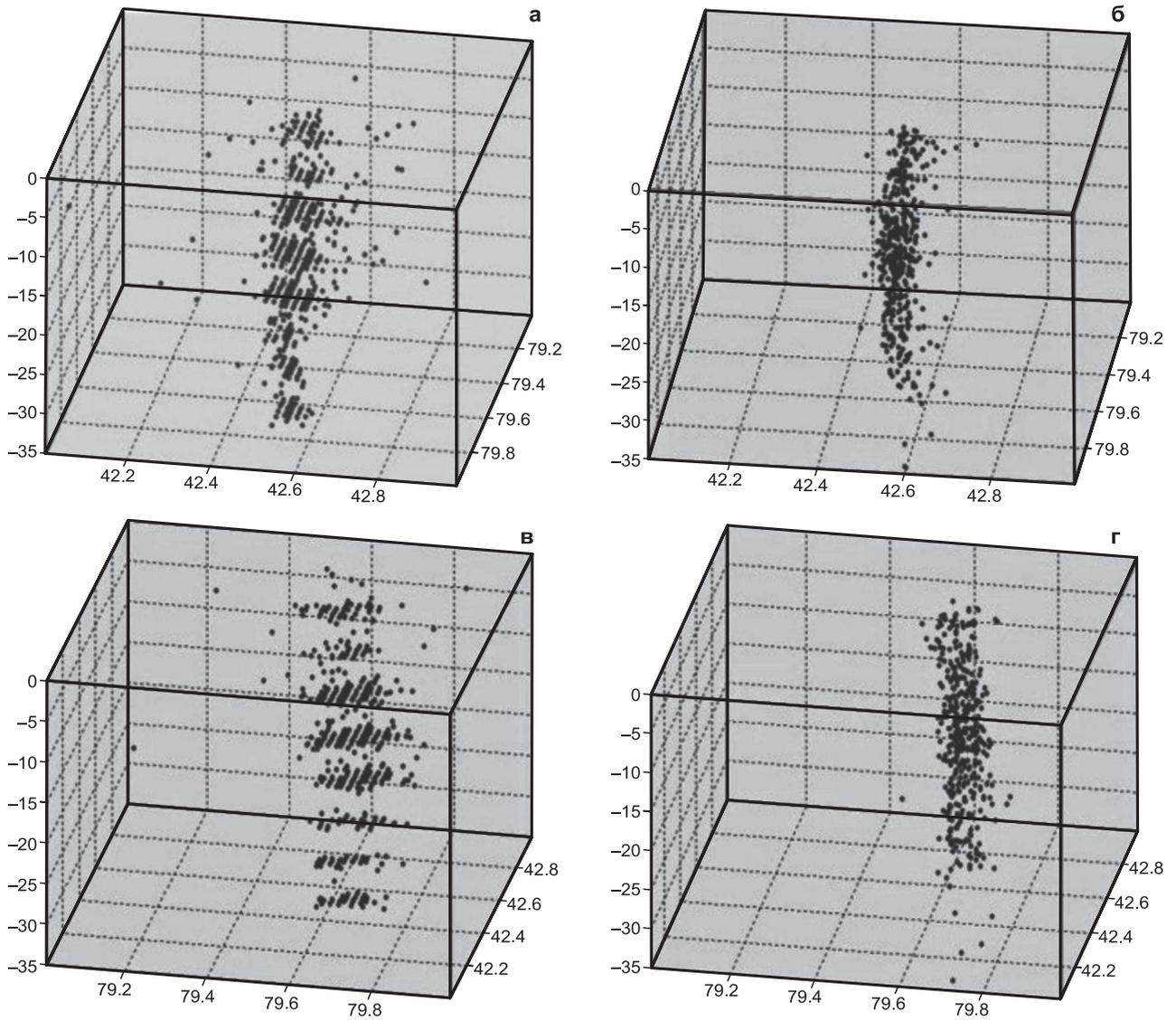


Рис. 5. Трёхмерная модель очага землетрясения по данным ТОО «СОМЭ» (а, в) и по уточнённым данным с помощью программы HuroDD (б, г) [Waldhauser, Ellworth, 2000]

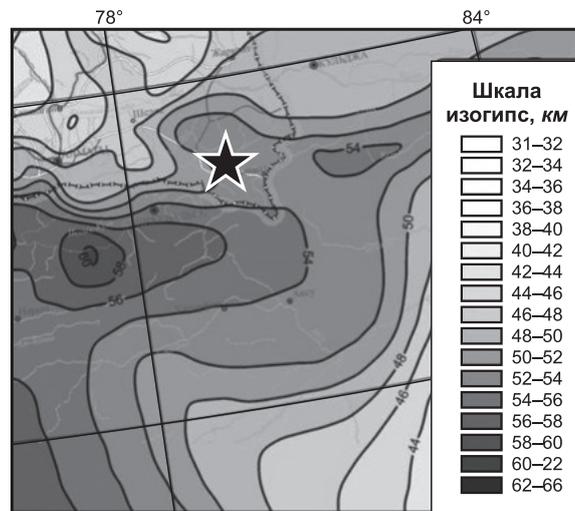


Рис. 6. Схема глубинного строения земной коры (Шацилев В.И. и др.). Эпицентр Сарыжазского землетрясения обозначен звёздочкой

сейсмоопасным ещё и потому, что здесь зона сочленения свода Хан-Тенгри с Текесской впадиной [Тимуш, 2011]. Так что, несмотря на отсутствие сейсмостатистических данных, многочисленные сейсмодислокации с большими амплитудами вертикальных нарушений и смещениями земной поверхности на значительных участках убедительно свидетельствуют о большой сейсмической активности и сейсмической опасности этих зон и возможности возникновения здесь сильных землетрясений с $M_{\text{max}} \approx 7.5$ и $I_{0\text{max}} \approx 9$ баллов [Сыдыков, 2004].

Предваряющая сейсмичность

Заметим, что район Сарыжазского землетрясения труднодоступен и мало изучен. Согласно [Панин и др., 2013], за всю «инструментальную историю» сейсмологии в непосредственной близости от очага исследуемого землетрясения зарегистрировано только два события невысокой энергии: 12 марта 1944 г. с $K_p=12.0$ и 8 мая 1986 г. с $K_p=10.9$ (табл. 5). Сильные землетрясения, зарегистрированные в этом районе и приведённые в табл. 5, расположены к западу от Сарыжазского землетрясения (рис. 7).

Таблица 5. Заметные и сильные землетрясения за период 1944–2013 гг. в зоне, прилегающей к Сарыжазскому землетрясению по [Панин и др., 2013]

№ (на рис. 7)	Дата	$\varphi, ^\circ\text{N}$	$\lambda, ^\circ\text{E}$	K_p	M	I_0
1	03.12.1944	42.70	79.50	12.0		
2 (Сарыкамышское)	05.06.1970	43.50	78.71	16.0	6.8	8–9
3	30.11.1975	42.80	79.35	11.4		
4 (Жаланаш-Тюпское)	25.03.1978	42.88	78.58	15.0		
5	08.05.1986	42.52	79.25	10.9		
6	01.12.2003	42.95	80.28	14.3	6.0	
7	13.10.2006	42.80	79.85	12.0	4.1	
8	28.01.2013	42.52	79.67	14.7	6.0	7.9 ^p

На рис. 7 из [Панин и др., 2013] показаны эпицентры землетрясений и ближайшие сейсмические станции. Станции «Шалкоде», «Узунбулак», «Саты» и «Кокпек» принадлежат сети ТОО «СОМЭ» [Гессель, Неверова, 2019], станция «Подгорная» – сети Казахстанского национального центра данных (КНДЦ) РГП ИГИ МЭ РК [Соколова, 2019], станция «Каракол» – Институту сейсмологии Кыргызстана (ИС НАН КР) [Берёзина, 2019].

Рис. 7. Сейсмические станции и эпицентры ощутимых землетрясений вблизи очага Сарыжазского землетрясения 28 января 2013 г. из [Панин и др., 2013]

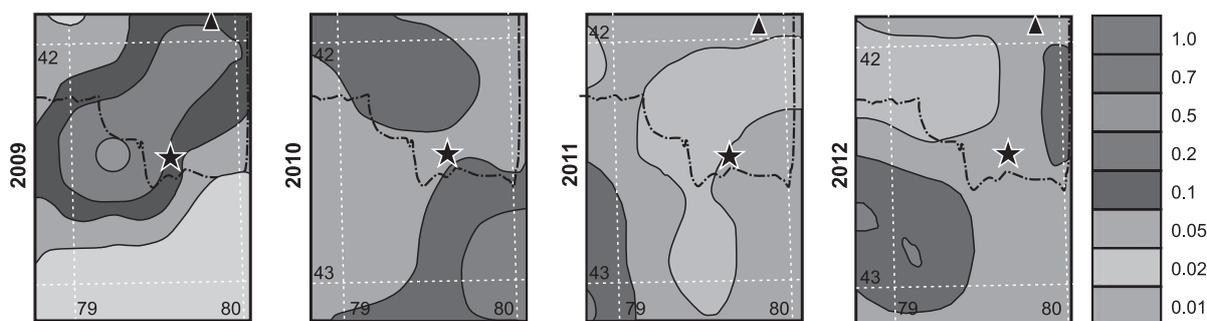
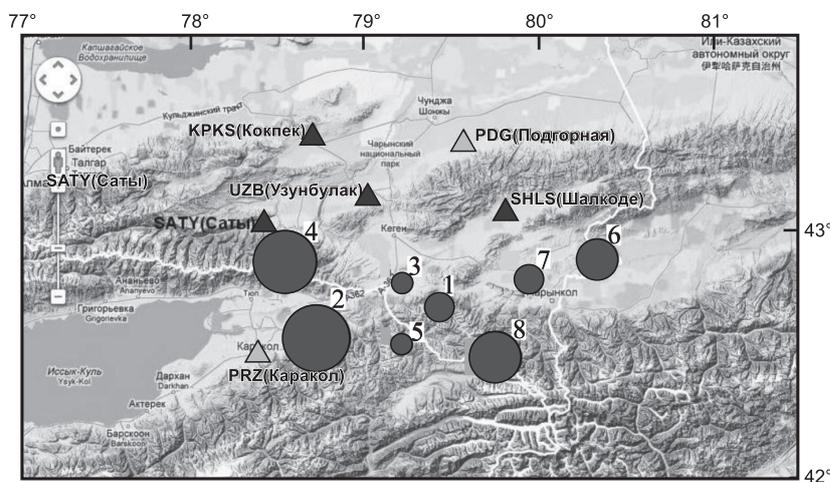


Рис. 8. Карты сейсмической активности с 2009 по 2012 г.

Землетрясение 5 июня 1970 г. (№ 2 в табл. 5 и на рис. 7) в восточной части Иссык-Кульской впадины известно как «Сарыкамышское» 8–9-балльное землетрясение [Землетрясения ..., 1973]. По размерам очага и выделенной энергии оно является крупнейшим на северных склонах хребта Терской-Алатау. Землетрясение 25 марта 1978 г. (№ 4) известно как Жаланаш-Тюпское [Землетрясения ..., 1982].

К предвещающей сейсмичности относятся также карты сейсмической активности во времени. На рис. 8 иллюстрируются фрагменты карт сейсмической активности A_{10} за несколько лет до будущего землетрясения: с 2009 по 2012 год. Как видим, в районе Сарыжазского очага заметно сейсмическое затишье, выраженное в понижении сейсмической активности за четыре года на порядок: с отметки $A_{10}=0.1-0.2$ (2009 г.) до значения $A_{10}=0.02-0.05$ (2012 г.).

Сильные движения

Сотрясения грунта на территории г. Алматы от основного толчка Сарыжазского землетрясения зарегистрированы девятью станциями сильных движений, оснащёнными цифровыми акселерографами Altus-Etna и входящими в локальную городскую сеть ТОО «СОМЭ». В зависимости от расположения станций на территории города эпицентральное расстояние варьировало от 229 до 281 км, а интенсивность сотрясений составляла $I_1=4-5$ баллов. Схема расположения станций и полученные

акселерограммы (горизонтальная компонента с большим пиковым ускорением) показаны на рис. 9.

Максимальные пиковые ускорения на территории города зарегистрированы в пунктах ARZ (13.1 см/с²) и VRG (12.9 см/с²) на мощных осадочных отложениях в наиболее глубокой части (до 4 км) Алматинской впадины, а также в пункте KRS (10.6 см/с²), расположенном рядом со ступенью края бассейна. Минимальные ускорения – в пункте TNS на скальном грунте (рис. 9, табл. 6).

В табл. 7 показан список региональных станций сильных движений сетей РГП ИГИ МЭ РК (KNDC, MAKZ, PDGK) и ИС НАН КР (MNAS, SFK), данные которых поступали и обрабатывались в Центре данных РГП ИГИ МЭ РК в г. Алматы. Здесь же приведены сведения о параметрах аппаратуры.

В табл. 8 представлены параметры записей сильных движений Сарыжазского землетрясения и его афтершоков по станциям из табл. 7. Максимальная амплитуда ускорения, равная $A_{\max}=5.8$ см/с², была зафиксирована станцией «Подгорное» (PDGK) ($\Delta=81$ км). Интенсивность сотрясений здесь была равна $I_1=4-5$ баллов. Немного меньшие значения наблюдались по станции «KNDC» ($\Delta=229$ км) – $A_{\max}=3.5$ см/с², интенсивность сотрясений $I_1=4$ балла. На рис. 10 представлено затухание максимальных амплитуд ускорений для станций сети сильных движений РГП ИГИ МЭ РК для Сарыжазского землетрясения.

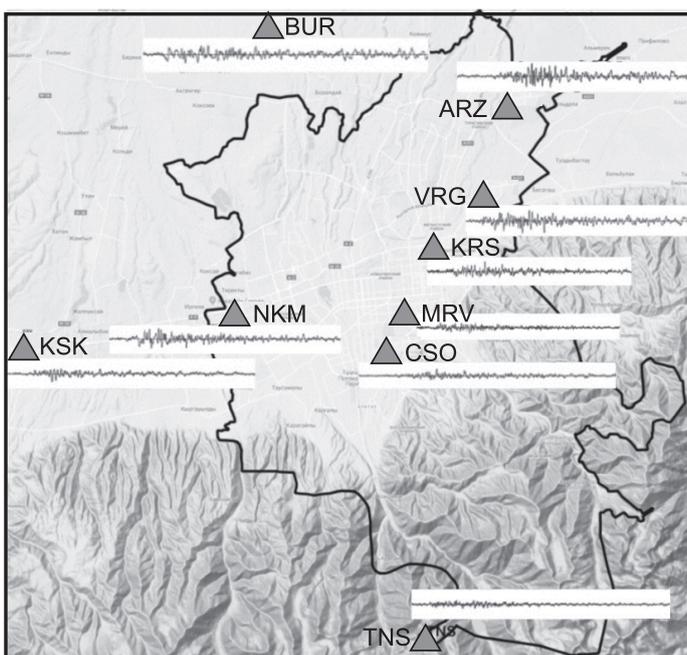


Рис. 9. Пункты сети сильных движений на территории г. Алматы, на которых получены записи землетрясения 28 января 2013 г.

Таблица 6. Основные параметры записей и спектров реакции Сарыжазского землетрясения на девяти станциях г. Алматы

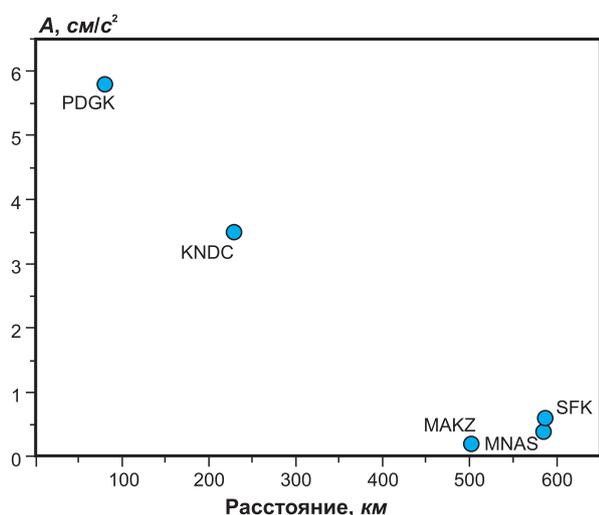
Станция	Компонента	Параметры акселерограммы			Параметры спектра реакции ускорения (5%)			
		$PGA_{\text{max}}, \text{ см/с}^2$	$T, \text{ с}$	$d, \text{ с}$	$Sa_{\text{max}}, \text{ см/с}^2$	$T, \text{ с}$	$Sa (T=0.2 \text{ с}), \text{ см/с}^2$	$Sa (T=1 \text{ с}), \text{ см/с}^2$
ARZ	EW	13.1	0.18	8.2	46.9	0.19	44.8	14.0
	NS	12.5	0.21	4.1	52.5	0.21	49.3	17.2
	Z	4.3	0.19	32.0	14.4	0.19	11.9	8.5
BUR	EW	7.4	0.20	23.0	23.6	0.19	23.0	14.8
	NS	6.9	0.20	25.0	20.8	0.37	16.4	12.3
	Z	3.8	0.08	24.0	13.9	0.24	12.0	6.0
CSO	EW	4.4	0.15	10.5	17.8	0.20	17.8	6.4
	NS	6.0	0.14	4.0	18.1	0.20	18.1	7.2
	Z	2.5	0.06	49.0	16.4	0.27	12.7	4.5
KRS	EW	11.3	0.25	5.6	28.9	0.27	25.8	8.7
	NS	7.8	0.19	12.0	31.3	0.22	26.1	7.6
	Z	5.4	0.13	5.5	18.2	0.16	16.7	4.3
KSK	EW	6.2	0.46	8.7	13.4	0.37	8.9	8.1
	NS	7.8	0.37	4.7	26.9	0.35	12.4	9.4
	Z	2.5	0.16	13.5	16.8	0.52	7.3	10.4
MRV	EW	6.3	0.19	12.2	18.1	0.29	10.8	5.1
	NS	5.9	0.25	9.5	19.3	0.32	13.5	7.3
	Z	2.7	0.22	14.0	15.2	0.27	10.6	3.2
NKM	EW	10.6	0.25	10.8	47.6	0.25	27.2	13.9
	NS	9.8	0.36	15.0	34.6	0.27	20.9	9.6
	Z	4.9	0.11	12.0	33.4	0.12	11.7	6.0
TNS	EW	3.7	0.15	12.4	12.1	0.26	9.4	4.1
	NS	3.9	0.10	10.0	11.8	0.41	7.6	4.1
	Z	3.9	0.076	11.4	14.0	0.067	5.2	3.8
VRG	EW	12.9	0.21	6.8	41.9	0.32	34.5	17.4
	NS	10.0	0.22	16.0	39.6	0.32	31.0	19.7
	Z	3.7	0.22	23.0	18.1	0.11	8.9	5.7

Таблица 7. Параметры станций сильных движений сетей РГП ИГИ МЭ РК и ИС НАН КР

Название станции	Код станции	Координаты станции			АЦП	Акселерометр	Частота оцифровки, Гц
		$\varphi, ^\circ\text{N}$	$\lambda, ^\circ\text{E}$	$h, \text{ м}$			
KNDC	KNDC	43.2172	76.9658	900	DM-24	CLA200	40
Маканчи	MAKZ	46.8080	81.9770	600	Q330	FBA-ES-Episensor	40
Подгорное	PDGK	43.3276	79.4849	1290	DM-24	CMG-5T	100
Манас	MNAS	42.4932	72.4976	1475	DM-24	CMG-5T	100
Суфикурган	SFK	40.0170	73.5077	2110	DM-24	CMG-5T	100

Таблица 8. Параметры сейсмических воздействий Сарыжазского землетрясения и его афтершоков 2013 г.

№	Дата, дд.мм.	t_0 , чч:мм:сс.с	Код станции	Δ , км	I , баллы, в пункте регистрации	Амплитуды ускорений, $см/с^2$			Амплитуды скоростей, $см/с$			Период ускорения, с	Период скорости, с
						EW	NS	Z	EW	NS	Z		
1	28.01.	16:38:53.8	PDGK	81	4–5	5.8	4.1	4.0	0.66	0.43	0.31	1	1.5
			KNDC	229	4	2.7	3.5	2.3	0.36	0.35	0.25	1	1
			MAKZ	502		0.2	0.2	0.2	0.05	0.04	0.04	0.4	2
			SFK	587		0.6	0.3	0.6	0.15	0.14	0.12	2	2
			MNAS	585		0.2	0.4	0.3	0.04	0.1	0.05	1.6	1.65
2	28.01.	17:09:21.2	PDGK	80		0.1	0.1	0.1	0.01	0.006	0.005	0.3	0.3
3	28.01.	17:12:21.4	PDGK	82		0.1	0.2	0.1	0.01	0.007	0.005	0.1	0.12
4	28.01.	17:31:44.9	PDGK	81		0.2	0.3	0.2	0.01	0.01	0.009	0.1	0.12
5	28.01.	18:49:37.5	PDGK	80		0.1	0.1	0.1	0.009	0.006	0.005	0.1	0.12
6	28.01.	19:11:50.9	PDGK	81		0.1	0.1	0.1	0.009	0.007	0.008	0.3	0.3
7	28.01.	19:47:38.5	PDGK	83		0.2	0.3	0.3	0.01	0.01	0.02	0.3	0.3
			KNDC	226		0.1	0.1	0.1	0.01	0.01	0.008	0.4	0.4
			MAKZ	507		0.05		0.05	0.001		0.003	0.2	0.2
			SFK	583		0.05	0.05	0.01	0.001	0.001	0.006	0.175	0.175
8	28.01.	20:37:09.3	PDGK	82		0.2	0.3	0.3	0.01	0.01	0.01	0.2	0.2
			KNDC	228		0.1	0.1	0.1	0.004	0.004	0.002	0.3	0.3
9	28.01.	20:40:25.3	PDGK	83		0.1	0.1	0.1	0.003	0.002	0.002	0.15	0.15
10	28.01.	23:49:16.9	PDGK	83		0.1	0.1	0.1	0.002	0.001	0.001	0.2	0.2
11	29.01.	08:57:56.9	KNDC	231		0.1	0.1	0.1	0.002	0.001	0.001	0.2	0.2
12	29.01.	14:50:13.9	PDGK	79		0.1	0.1	0.1				0.15	0.15
13	19.02.	00:36:02.4	KNDC	224		0.1	0.1	0.1	0.005	0.003	0.002	0.15	0.2
14	06.09.	13:34:05.8	PDGN	83		0.5	0.6	0.1	0.01	0.01	0.01	0.5	0.5
			KNDC	227		0.2	0.2	0.1	0.01	0.01	0.005	0.2	0.2
			MAKZ	506		0.01	0.02	0.03	0.003	0.005	0.007	0.2	0.2

**Рис. 10.** Затухание максимальных амплитуд ускорений Сарыжазского землетрясения 28.01.2013 г. для станций сети сильных движений РГП ИГи МЭ РК

Есть также сведения о параметрах сильных движений на станции «Каракол» (ИС НАН КР). Она находилась на расстоянии 104 км от эпицентра,

$I_i=6$ баллов (табл. 1). Пиковые ускорения по записям на станции «Каракол» достигли значения 9.7 см/с^2 . Максимальные ускорения спектров реакции наблюдались на компоненте EW и составили 39.9 см/с^2 , преобладающие периоды – $T=0.19 \text{ с}$. На вертикальной компоненте наблюдались периоды колебаний $T=0.15 \text{ с}$.

Заключение

Подводя итоги, констатируем, что очаг Сарыжазского землетрясения 28 января 2013 г. реализовался в сейсмоактивной зоне Северного Тянь-Шаня под действием близгоризонтального напряжения сжатия в субмеридиональном направлении и близгоризонтального растяжения – в субширотном направлении.

Гипоцентры главного события, двух форшоков и многочисленных афтершоков располагались в тектоническом блоке, ограниченном со всех сторон разломами, ориентированными в северо-западном и северо-восточном направлении. Геометрические размеры очаговой зоны ограничены размерами блока и соответствуют

средним размерам очагов землетрясений с магнитудой $M=6.0$.

Принимая во внимание наиболее значительные разрушения в Или-Казахской автономной области и округе Аксу в Китае, можно предположить, что в очаге землетрясения произошёл горизонтальный сдвиг по плоскости, субпараллельной Баянкольскому разлому северо-западного простирания. На всём протяжении разрыва сохранялась ориентация смещений, зафиксированная в начальной стадии.

Литература

Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Муралиев А.М., Берёзина А.В., Шукурова Р., Гребенишкова В.В., Гессель М.О., Тулаганова М.Т. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 108–119. doi: 10.35540/1818-6524.2019.22.09.

Берёзина А.В. (сост.). Сейсмические станции Кыргызстана в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.

Гессель М.О., Неверова Н.П. (сост.). Сейсмические станции Сейсмологической опытно-методической экспедиции Министерства образования и науки Республики Казахстан в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.

Досайбекова С.К. (отв. сост.), Полешко Н.Н. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Казахстана за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.

Землетрясения в СССР в 1970 году. – М.: Наука, 1973. – С. 100–117.

Землетрясения в СССР в 1978 году. – М.: Наука, 1982. – С. 37–38.

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

Неверова Н.П. (сост.). Форшоки и афтершоки Сарыжазского (Нарынкольского) землетрясения 28 января 2013 г. с $K_p=14.7$, $M_w=6.1$ // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.

Неверова Н.П., Михайлова Н.Н. (отв. сост.), Лукаш Н.А. (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населённых пунктах Казахстана и прилегающих территорий в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. –

Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.

Неверова Н.П., Михайлова Н.Н. (отв. сост.); Проскурина Л.П., Бектурганова Б.Б., Проскурина А.В., Далебаева Ж.А., Досайбекова С.К., Мукамбаев А.С. (сост.). Каталог землетрясений Казахстана за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.

Отчёт по результатам макросейсмического обследования землетрясения 28.01.2013. – Алматы: Фонды ГУ «СОМЭ КН МОН РК», 2013. – 57 с.

Панин В.И., Нысанбаев Т.Е., Гессель М.О., Неверова Н.П., Тарадаева Т.В. Казахстан. Сарыджазское землетрясение 28 января 2013 года // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 237–241.

Рябенко П.В., Узбеков Р.Б. Очаг и афтершоковая активность землетрясения 28.01.2013 г. на Северном Тянь-Шане // Вестник НЯЦ РК. – 2014. – Вып. 1. – С. 112–116.

Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2013 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2013–2014. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013

Соколова И.Н. (сост.). Сейсмические группы и станции Республиканского государственного предприятия «Институт геофизических исследований» Министерства энергетики Республики Казахстан за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.

Сыдыков А. Сейсмический режим территории Казахстана. – Алматы: Гылым, 2004. – 230 с.

Тимуш А.В., Тарадаева Т.В., Степаненко Н.П., Садыкова А.Б., Сыдыков А. Сейсмогенерирующие зоны Казахстана. – Алматы: ТОО «Хай Технолоджи», 2012. – 80 с.

Тимуш А.В. Сеймотектоника литосферы Казахстана. – Алматы: Наука, 2011. – С. 154.

Шебалин Н.В. Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времён до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 20–30.

International Seismological Centre (ISC). On-line Bulletin [Site]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>. – United Kingdom, Thatcham: Internat. Seismol. Centre, 2019. doi: 10.31905/D808B830

The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics // USGS [Site]. – URL: https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/modified-mercalli-intensity-scale?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

Waldhauser F., Ellworth W.L. A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the Northern Hayward Fault, California // Bulletin of the Seismological Society of America. – 2000. – V. 90, N 6. – P. 1353–1368.

Сведения об авторах

Гессель Мария Олеговна, начальник партии ПСГД Товарищества с ограниченной ответственностью «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» (ТОО «СОМЭ»), г. Алма-Ата, Республика Казахстан. E-mail: m_gessel@mail.ru

Досайбекова Самал Кенжебековна, вед. инженер ТОО «СОМЭ», г. Алма-Ата, Республика Казахстан. E-mail: sdk_0102@mail.ru

Неверова Надежда Петровна, вед. геофизик ТОО «СОМЭ», г. Алма-Ата, Республика Казахстан. E-mail: neverova_n@rambler.ru

Нысанбаев Талгат Еркебуланович, канд. геол.-мин. наук, главный геофизик ТОО «СОМЭ», г. Алма-Ата, Республика Казахстан. E-mail: talgat_nis@mail.ru

Тарадаева Тамара Владимировна, канд. геол.-мин. наук, вед. науч. сотр. Товарищества с ограниченной ответственностью «Институт сейсмологии» (ТОО «Институт сейсмологии»), г. Алма-Ата, Республика Казахстан. E-mail: niksome@mail.ru

Силачева Наталья Владимировна, канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. инженерной сейсмологии ТОО «Институт сейсмологии», г. Алма-Ата, Республика Казахстан. E-mail: silacheva_nat@mail.ru

Соколов Александр Николаевич, науч. сотр. Республиканского государственного предприятия «Институт геофизических исследований» Министерства энергетики Республики Казахстан (РГП ИГИ МЭ РК), г. Курчатов, Республика Казахстан. E-mail: asokolov@kndc.kz

Saryzhaz earthquake of January 28, 2013 with $M_{\text{рег}}=6.0$ (Raimbek area of Almaty district, Kazakhstan)

© 2020 M.O. Gessel¹, S.K. Dosaibekova¹, N.P. Neverova¹, T.E. Nysanbayev¹,
T.V. Taradayeva², N.V. Silacheva², A.N. Sokolov³

¹SEME LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan; ²Institute of Seismology, Almaty, Republic of Kazakhstan;

³Data Center of RSE IGR ME RK, Kurchatov, Republic of Kazakhstan

Abstract In the East of the high of Terskey-Alatau, in the northern part of the mountainous arch of Khan-Tengry at 28 January, 2013 a strong ($M=6.0$) Saryzhaz earthquake there was with intensity of $\sim 7-8$ points, which to the intersection of deep regional faults cross Chilik with longitudinal Baiankol'skii was timed. This earthquake in the upper part of the earth's crust ($h=10$ km) under the influence of compression stresses in the submeridional direction and near-horizontal stretching in the sublatitudinal direction occurred. Type of movement in the focus represents a shift on both possible planes of the rupture. Taking into account the most significant destruction in the Ili-Kazakh's autonomous region and Aksu's district of China, it can be assumed, that in focus a horizontally shift there was, that is sub-parallel to the Baiankol's fault on the north-western strike. The earthquake had two foreshocks and over 1000 aftershocks. The area of aftershocks is 10×15 km. At 14 stations for main shock accelerograms and reaction spectra was obtained.

Keywords Kazakhstan, ridge Terskey-Alatau, nodal plane, horizontal shift, foreshocks, aftershocks.

For citation Gessel, M.O., Dosaibekova, S.K., Neverova, N.P., Nysanbayev, T.E., Taradayeva, T.V., Silacheva, N.V., & Sokolov, A.N. (2020). [Saryzhaz earthquake of January 28, 2013 with $M_{\text{рег}}=6.0$ (Raimbek area of Almaty district, Kazakhstan)]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(4), 69–82. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.4.07>

References

- Abdrahmatov, K.E., Frolova, A.G., Muraliev, A.M., Berezina, A.V., Shukurova, R., Grebennikova, V.V., Gessel, M.O. & Kuchkarov, K.I. (2019). [Central Asia]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 108–119. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6524.2019.22.09
- Berezina, A.V. (2019). [Seismic stations of Kyrgyzstan in 2013]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
- Dosaibekova, S.K., & Poleshko, N.N. (2019). [Catalogue of Kazakhstan earthquakes focal mechanisms for 2013]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
- Gessel, M.O., & Neverova, N.P. (2019). [Seismic stations of the Seismological Experience-Methodical Expedition of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan in 2013]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
- GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2013. (2019). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013
- International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>. doi: 10.31905/D808B830
- Medvedev, S.V., Sponheuer, W., & Karnik, V. (1965). *Shkala seismicheskoi intensivnosti MSK-64* [Seismic Intensity Scale MSK-64]. Moscow, Russia: Interdepartmental Geophysical Commission of the USSR Acad. Sci. Publ., 11 p. (In Russ.).
- Neverova, N.P. (2019). [Foreshocks and aftershocks of Saryzhaz earthquake on January 28, 2013 with $K_p=14.7$, $M_w=6.1$]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
- Neverova, N.P., Mikhailova, N.N., Proskurina, L.P., Bekturganova, B.B., Proskurina, A.V., Dalebaeva, Zh.A., Dosaibekova, S.K., & Mukambaev, A.S. (2019). [Catalogue of Kazakhstan earthquakes in 2013]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
- Neverova, N.P., Mikhailova, N.N., & Lukash, N.A. (2019). [Macroseismic effect of felt earthquakes in populated areas of Kazakhstan and adjacent territories in 2013]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).

- Otchet po rezul'tatam makroseismicheskogo obsledovaniia zemletriaseniia 28.01.2013* [Report by results macroseismic investigations of earthquake 28.01.2013]. (2013). Almaty, Kazakhstan: Funds of Seismological Experience-Methodical Expedition of the Committee of Science of Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, 57 p. (In Russ.).
- Panin, V.I., Nysanbayev, T.E., Gessel, M.O., Neverova, N.P., & Taradayeva, T.V. (2013). [Kazakhstan, Sarydzhas earthquake of January 28, 2013]. In *Materialy VIII Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the VIII International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 237-241). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Riabenko, P.V., & Uzbekov, R.B. (2014). [Source and aftershocks of earthquakes on January 28, 2013 at Northern Tian'-Shan']. *Vestnik NIaTs RK* [NNC RK Bulletin], 1, 112-116. (In Russ.).
- Shebalin, N.V. (1977). [Support earthquakes and equations of macroseismic field]. In *Novyj katalog sil'nykh zemletryasenij na territorii SSSR s drevnejshih vremyon do 1975 g* [New catalogue of strong earthquakes on the territory of the USSR from ancient times to 1975] (pp. 20-30). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
- Sokolova, I.N. (2019). [Seismic arrays and stations of the Republican State Enterprise "Institute of Geophysical Research" of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan in 2013]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
- Sydykov, A. (2004). *Seismicheskij rezhim territorii Kazahstana* [Seismic regime of Kazakhstan]. Almaty, Kazakhstan: Gylym Publ., 230 p. (In Russ.).
- The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics. USGS. Retrieved from https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/modified-mercalli-intensity-scale?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- Timush, A.V. (2011). *Sejsmotektonika litosfery Kazahstana* [Seismotectonics of the lithosphere of Kazakhstan]. Almaty, Kazakhstan: Gylym Publ., 154 p. (In Russ.).
- Timush, A.V., Taradayeva, T.V., Stepanenko, N.P., Sadykova, A.B., & Sydykov, A. (2012). *Sejsmogenerirujushhie zony Kazahstana* [Seismic zones of Kazakhstan]. Almaty, Kazakhstan: High Technology LLP Publ., 80 p. (In Russ.).
- Waldhauser, F., & Ellsworth, W.L. (2000). A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the Northern Hayward Fault, California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90(6), 1353-1368.
- Zemletriaseniia v SSSR v 1970 godu.* (1973). [Earthquakes in the USSR, 1970] (pp. 100-117). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
- Zemletriaseniia v SSSR v 1978 godu.* (1982). [Earthquakes in the USSR, 1978] (pp. 37-38). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).

Information about the authors

- Gessel Mariya Olegovna**, Head of Department of the Limited Liability Partnership "Seismological Experimental Methodical Expedition" (SEME LLP), Almaty, Republic of Kazakhstan. E-mail: m_gessel@mail.ru
- Dosaybekova Samal Kenzhebekovna**, Lead Engineer of the SEME LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan. E-mail: sdk_0102@mail.ru
- Neverova Nadezhda Petrovna**, Leading Geophysicist of the SEME LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan. E-mail: neverova_n@rambler.ru
- Nysanbayev Talgat Erkebulanovich**, PhD, Chief Geophysicist of the SEME LLP, Almaty, Republic of Kazakhstan. E-mail: talgat_nis@mail.ru
- Taradayeva Tamara Vladimirovna**, PhD, Leading Researcher of the Institute of Seismology, Almaty, Republic of Kazakhstan. E-mail: niksosome@mail.ru
- Silacheva Natalya Vladimirovna**, PhD, Head of Laboratory of the Institute of Seismology, Almaty, Republic of Kazakhstan. E-mail: silacheva_nat@mail.ru
- Sokolov Aleksandr Nikolaevich**, Researcher of the Data Center of Republican State Enterprise "Institute of Geophysical Research" of the Ministry of Energetics of the Republic of Kazakhstan (RSE IGR ME RK), Kurchatov, Republic of Kazakhstan. E-mail: asokolov@kndc.kz