

УДК 550.346(575.2)

Абдыраева Б.С., Муралиев А.М.,  
Малдыбаева М.Б., Сабирова Г.А.  
Институт сейсмологии НАН КР,  
г. Бишкек, Кыргызстан

## МЕХАНИЗМЫ ОЧАГОВ КАДЖИ-САЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 14 НОЯБРЯ 2014 ГОДА, $M_{pv}=6.1$ , И ЕГО АФТЕРШОКОВ

**Аннотация.** 14 ноября 07 час. 24 мин. по местному времени в южной части Исык-Кульской впадины произошло землетрясение с интенсивностью в эпицентре 7 баллов, которое сопровождалось серией афтершоков. В данной статье представлены результаты определения механизма очага землетрясения и его 15 афтершоков.

**Ключевые слова:** землетрясение, нодальная плоскость, механизм очага, регион, афтершок, эпицентр, гипоцентр, глубина, Исык-Кульский регион.

## 2014-ЖЫЛДЫН 14-НОЯБРЫНДАГЫ КАЖЫ-САЙ ЖЕР ТИТИРӨӨСҮНҮН ОЧОК МЕХАНИЗМДЕРИ, $M_{pv}=6.1$ , ЖАНА АНЫН АФТЕРШОКТОРУ

**Кыскача мазмуну.** Макалада 2014-ж. 14-ноябрында жергиликтүү убакыт боюнча 07 саат 24 мүн. Ысык-Көл ойдуңунун түштүк бөлүгүндө эпиборборунда 7 балл интенсивдүүлүгү менен афтершоктордун сериясы коштогон жер титирөө өткөн. Бул макалада жер титирөөнүн очок механизмдин жана анын 15 афтершогу аныктоонун жыйынтыктары берилген.

**Негизги сөздөр:** жер титирөө, нодалдык мейкиндик, очок механизми, аймак, афтершок, эпиборбор, гипоборбор, терендик, Ысык-Көл аймагы.

## MECHANISMS OF THE KADJI-SAY EARTHQUAKE FOR NOVEMBER 14, 2014, $M_{pv} = 6.1$ , AND ITS AFTERSHOCKES

**Abstract.** On November, 14, 2014, in 07 hours 24 min. of local time in the southern part of the Issyk-Kul depression an earthquake with intensity in the epicenter of 7 points, which was accompanied by a series of aftershocks, was occurred. The results of the focal mechanisms of earthquake and its 15 aftershocks are presented in this paper.

**Keywords:** earthquake, a nodal plane, focal mechanism, region, aftershock, epicenter, hypocenter, depth, the Issyk-Kul region.

**Введение.** Изучение механизма возникновения очага землетрясения является неотъемлемой частью проблемы их прогноза. По мнению ряда исследователей [5,6,7], в земной коре и верхней мантии землетрясения возникают там, где давление велико и сдвиговые деформации происходят сравнительно легко, не требуя изменения объема среды.

Об общих причинах возникновения землетрясений имеются различные точки зрения, но установленным следует считать, что это явление, при котором земная кора и верхняя мантия время от времени в результате воздействия внутренних сил Земли, переходят в неравновесное состояние. Другими словами, в ослабленных участках земной

коры образуются трещины (разрывы), по которым импульсивно высвобождаются огромной силы энергия за счёт возбуждения сейсмических волн, а подвижки происходят по обе стороны разрыва в противоположных друг другу направлениях.

Сейсмическими станциями Института сейсмологии НАН КР 14 ноября 2014 года в 07 час. 24 мин. по местному времени зарегистрировано Каджи-Сайское землетрясение, после которого в течение суток произошли 15 афтершоков с энергетическими классами от  $K=6.7$  до  $K=10.2$ , причём самый ощутимый афтершок с  $K=7.9$  – в 07 часов 33 мин. (по местному времени) после главного толчка (рисунок 1).

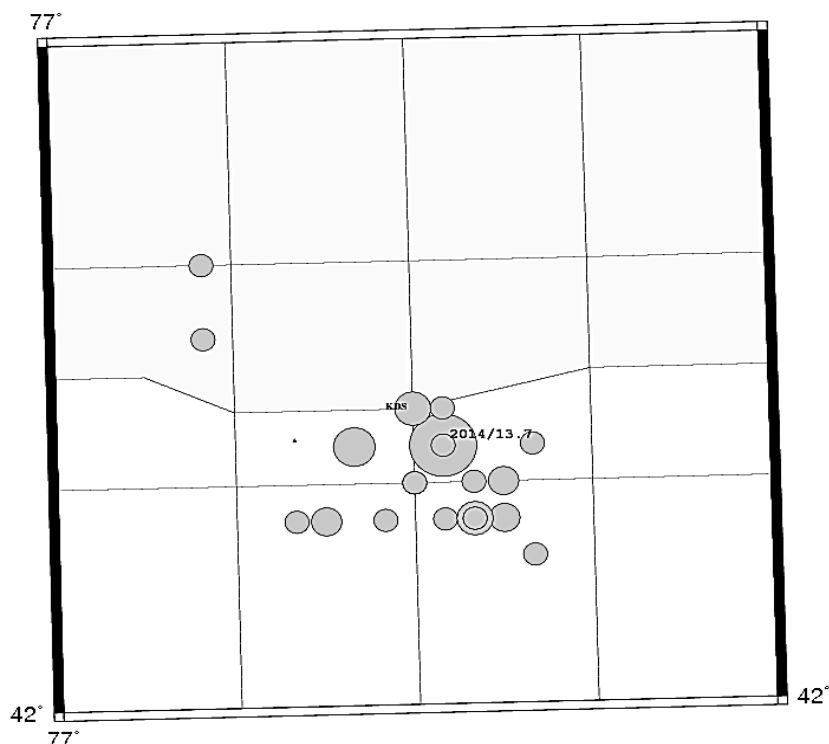


Рис.1. Карта эпицентров землетрясений с  $K \geq 9.6$ .

Параметры механизма основного толчка и 15 афтершоков определены по методике А.В. Введенской [1], согласно которой в качестве исходных данных приняты знаки первых движений Р-волн. Эпицентр основного толчка расположен в 5 км к юго-востоку от сейсмической станции «Каджи-Сай», в 95 км юго-востоку от г. Балыкчи и в 100 км к юго-западу от г. Каракол (Пржевальск), жители с.Тосор ощущали, 6-балльное - сс. Боконбаева и Торт-Куль, в сс. Ак-Сай и Тамга– 5-6 балльное. Как рассказывали очевидцы, сейсмический толчок произошёл в вертикальном направлении (рисунок 2).

Для выполнения поставленных задач были привлечены сведения о сейсмособытии от сейсмической сети KRNET (ИС НАН КР): «Каджи-Сай», «Ананьево», «Боом» и «Пржевальск». В определении механизма очага данного землетрясения использованы также и данные 36 сейсмических станций: Института сейсмологии НАН КР, Казахстана и Узбекистана.

На стереограмме рисунка 2 волны сжатия затемнены, чёрными и белыми точками показаны выходы осей сжатия и растяжения. На ней видна вполне упорядоченная картина пространственного распределения очага землетрясения, что, по всей видимости, связано с особенностями неотектонического строения структуры в данном районе.

В табл. 1 представлены основные параметры очага главного толчка, определённые в Центре данных ИС НАН КР и Гарвардского Университета США (GCMT), полученные данные укладываются в рамки допустимой погрешности.



Рис.2. Карта эпицентра и механизма очага главного толчка с  $K_p \geq 13.7$  ( $M_{pv}=6.1$ ). 1-эпицентр; 2-стереограмма механизма очага землетрясения (в проекции нижней полусферы).

Таблица 1. Выборка из каталога землетрясений Института сейсмологии НАН КР.

Дата число, мес., год	$t_0$ , час,мин.,сек	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	h, км	$M_w$	$M_{pv}$	$K_R$	Источники
14.11.2014	01:24:16.6	42.01	77.23	20		6.1	13.7	ИС НАН КР
14.11.2014	01:24:18.5	42.21	77.22	25	5.4			GSMT

Первые вступления Р–волн по записям Каджисайского землетрясения, например, на представленных цифровых записях сеймостанций «Ананьево» (рисунок 3) и «Боом» (рисунок 4) имеют чёткие знаки вступлений.

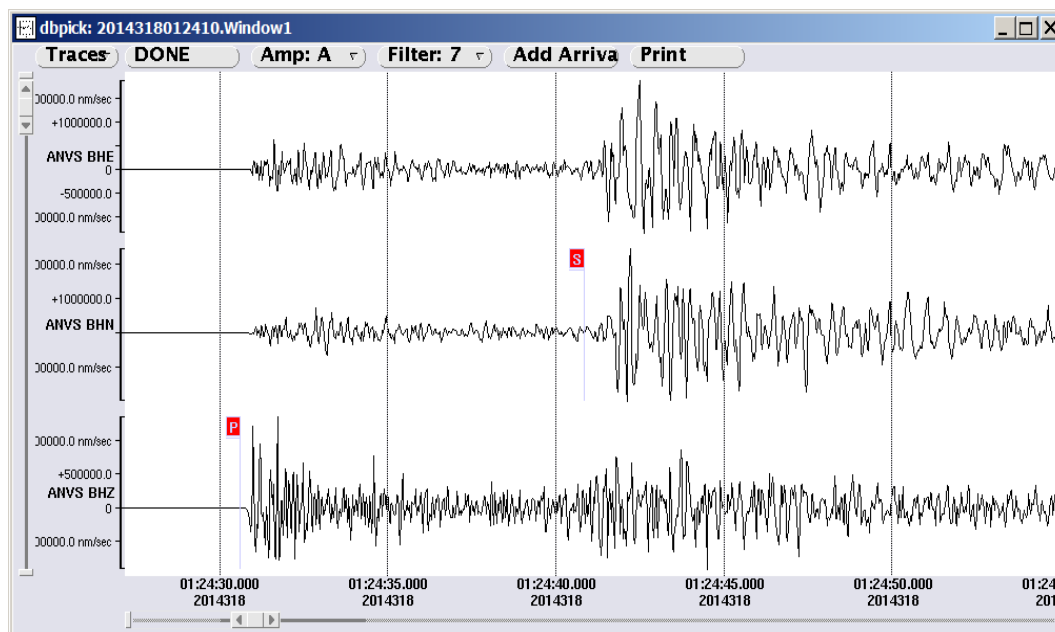


Рис.3. Цифровые записи землетрясения на сейсмической станций «Ананьево» (ANVS).

При этом, сейсмическая станция «Ананьево» находится от эпицентра на расстоянии 85 км (гипоцентр по записи - на глубине 20 км при географических координатах  $\varphi = 42^{\circ}06'$  и  $\lambda = 77^{\circ}14'$ , времени  $t_0 = 01$  часов 24 мин.16.4 сек.), а сейсмостанция «Боом» находится от эпицентра на расстоянии 102 км.

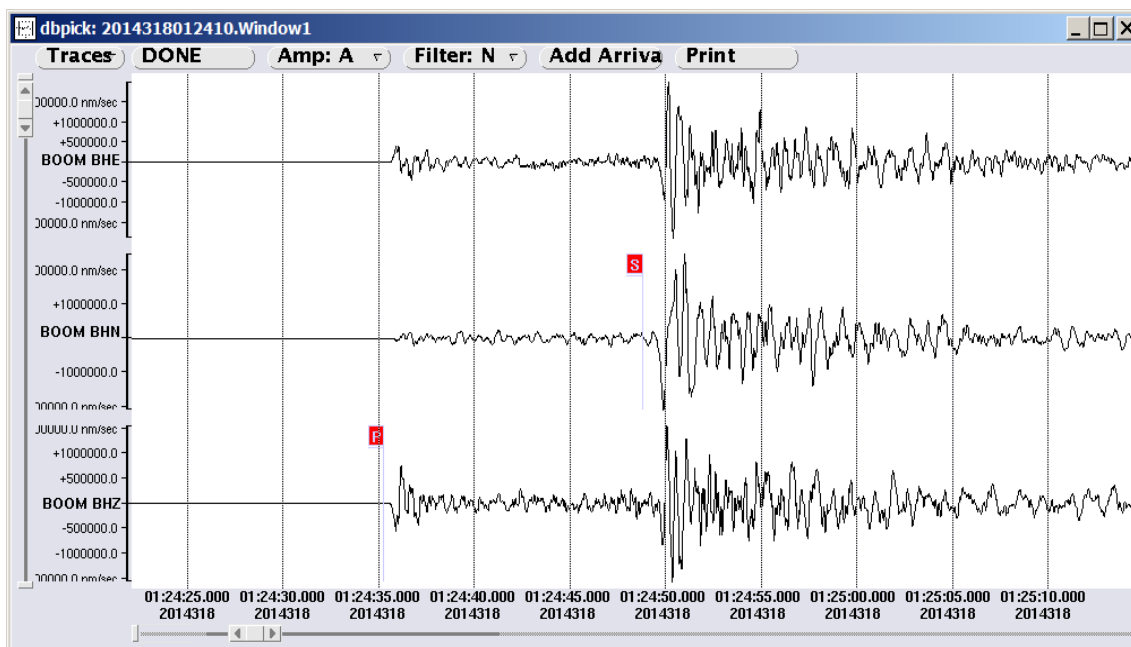


Рис. 4. Цифровые записи сейсмической станции «Боом» (BOOM) с  $K=13.7$ , глубиной  $h=20$  км, при географических координатах  $\varphi = 42^{\circ}06'$  и  $\lambda = 77^{\circ}14'$  и времени в очаге  $t_0 = 01-24-16.4$ .

На поостренной нами стереограмме механизма очага Каджи-Сайского землетрясения (рисунок 5, таблица 2) получены следующие данные: ось сжатия направлена на северо-запад при азимуте, составляющем  $331^{\circ}$ , и угле падения  $-25^{\circ}$ , ось

растяжения - на юго-восток, азимут составляет  $177^\circ$ , а угол с горизонталью -  $63^\circ$ . На этом фоне ось промежуточного напряжения ориентирована на северо-восток, азимут -  $62^\circ$ , а угол погружения -  $11^\circ$ . В соответствии с этим, азимут простирания первой нодальной плоскости равен  $STK1=249^\circ$ , угол падения -  $DP1=70^\circ$ , угол скольжения -  $SLIP1=101^\circ$ , второй нодальной плоскости -  $STK2=39^\circ$ , угол падения -  $DP2=22^\circ$ , угол скольжения -  $SLIP2=62^\circ$ . Таким образом, в очаге землетрясения данного события произошёл «взбросовой» тип поддвижки, в связи с чем данное сейсмическое событие было признано как землетрясение взбросового” типа.

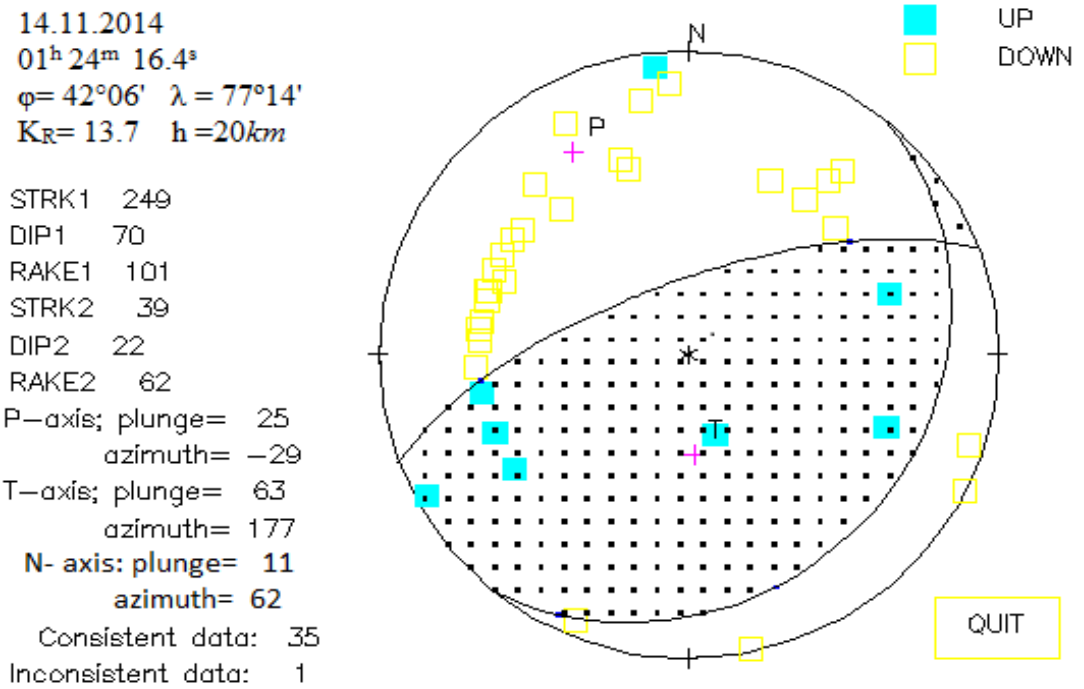


Рис.5. Стереограмма механизма очага Каджи-Сайского землетрясения, произошедшего на глубине 20 км с  $K_R=13.7$ .

Таблица 2. Параметры механизма очага Каджи-Сайского землетрясения.

Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агентство
<i>T</i>		<i>N</i>		<i>P</i>		<i>NP1</i>			<i>NP2</i>			
<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	
63	177	11	62	25	331	249	70	101	39	22	62	ИС НАН КР
81	93	10	250	4	339	77	42	102	240	49	79	GCMT

Стереограммы механизмов очагов 15 афтершоков Каджи-Сайского землетрясения показаны и их параметры приведены на рисунке 6 и в таблице 3.

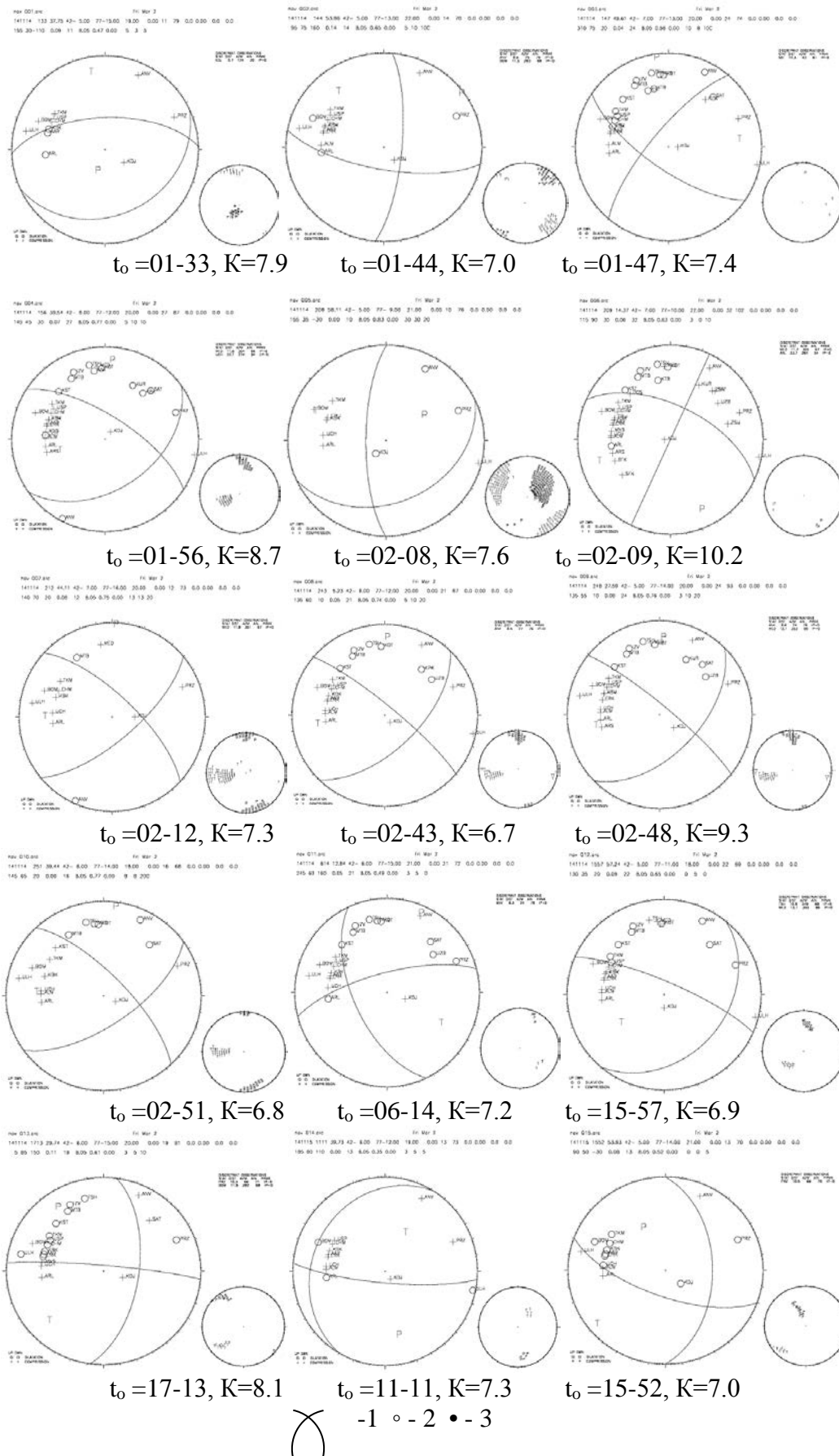


Рис.6. Стереогаммы механизмов очагов афтершоков в проекции нижней полусферы: 1- нодальные линии; 2,3 – оси главных напряжений - сжатия (2) и растяжения (3).

Таблица 3. Параметры механизмов очагов афтершоков Каджи-Сайского землетрясения.

Дата			Время			Оси главных напряжений										Нодальные плоскости					
год	мес	день	Час	мин	сек	К	Т			N			P			NP1			NP2		
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
2014	11	14	01	33	37	7.9	16	350	9	262	71	202	65	30	-110	268	62	-79			
2014	11	14	01	44	53	7.0	25	322	65	149	3	53	5	75	160	100	71	16			
2014	11	14	01	47	49	7.4	25	83	65	255	3	352	220	75	20	125	71	164			
2014	11	14	01	56	39	8.7	49	257	37	105	14	4	55	45	30	303	69	131			
2014	11	14	02	08	58	7.6	22	294	29	190	51	54	65	35	-30	180	73	-121			
2014	11	14	02	09	14	10.2	21	254	60	25	21	156	25	90	30	295	60	180			
2014	11	14	02	12	44	7.3	28	271	61	92	1	2	50	70	20	313	71	159			
2014	11	14	02	43	05	6.7	27	263	58	115	14	1	45	60	10	310	81	150			
2014	11	14	02	48	27	9.3	30	261	53	117	18	2	45	55	10	309	82	145			
2014	11	14	02	51	39	6.8	31	274	58	104	5	7	55	65	20	316	72	154			
2014	11	14	06	14	12	7.2	34	119	54	280	8	23	155	60	160	255	73	32			
2014	11	14	15	57	57	6.9	46	237	32	105	26	358	40	35	20	293	79	123			
2014	11	14	17	13	29	8.1	24	227	59	86	17	325	275	85	150	8	60	6			
2014	11	15	11	11	39	7.3	51	28	19	271	32	168	95	80	110	211	22	27			
2014	11	15	15	52	53	7.0	11	231	41	132	43	333	0	50	-30	110	67	-136			

Составлены карты механизмов очагов афтершоков (рисунок 7) типов подвижек (рисунок 8).

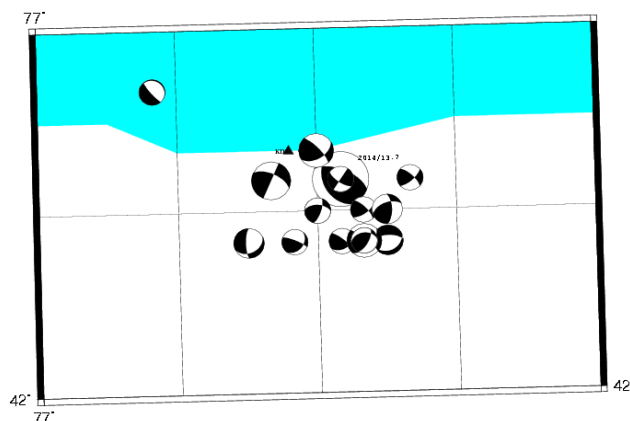


Рис.7. Карта МО главного толчка и афтершоков.

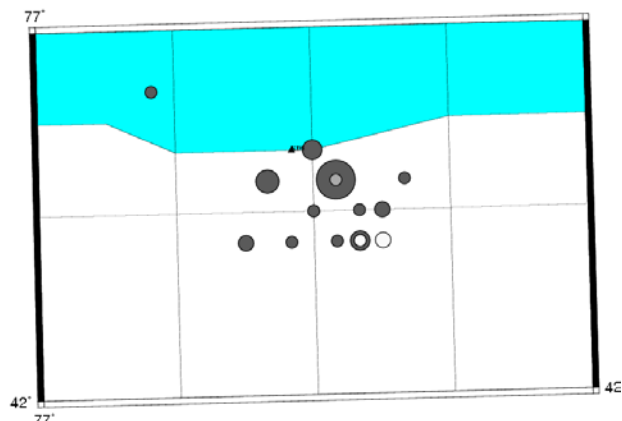
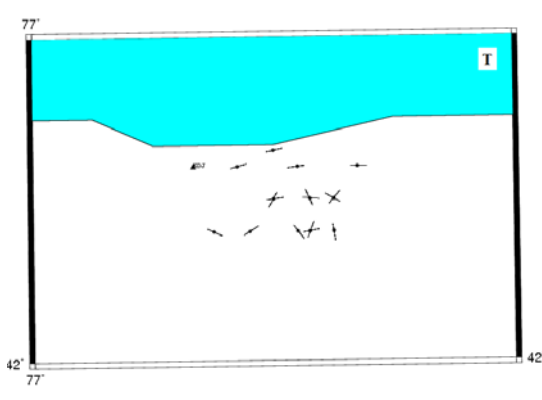
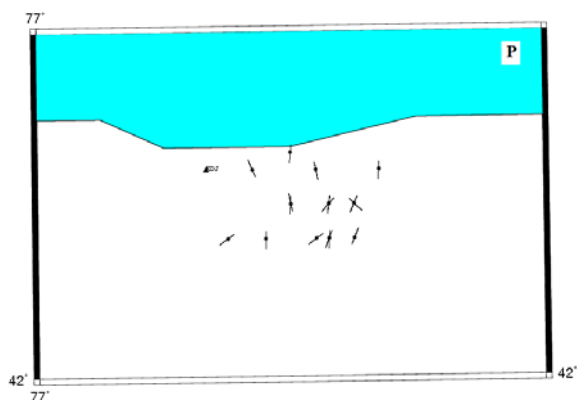


Рис.8. Карта распределения эпицентров по типам подвижек.



(а)  
(б)

Рис.9. Карта азимутов осей: (а) сжатия (Р) и (б) растяжения (Т) главного толчка и афтершоков.

Таким образом, рассмотренные нами Каджи-Сайское землетрясение с сейсмическим моментом  $M_0=0.54 \cdot 10^{26}$  дин·см, и его афтершоки являются результатом преобладающего воздействия близгоризонтальных сжимающих сил, направленных с ССЗ на ЮЮВ, в условиях растяжения, близких к вертикали (рисунок 9).

Очаги афтершоков трассируют в близширотном направлении. В целом, в очаге главного толчка произошли подвижки «вбросового» типа, тогда как в очагах 15 афтершоков присутствуют «сдвиг-надвиги», «взброс» и «сдвиг по пологой плоскости» (рисунок 6). На этом основании можно заключить, что сосредоточенные сейсмические движения, по всей видимости, обязаны сложному тектоническому строению структур.



**Литература**

1. Введенская А.В., Балакина Л.А., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений – М.: Наука, 1972.-198с.
2. Абдыраева Б.С., Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Жолбулакова А.Т. Землетрясения 20 сентября 2013 года ( $M_L = 4.2$ ) в юго-западной части Иссык-Кульской впадины, Кыргызстан. // «Вестник Института сейсмологии НАН КР», №1, 2014 г. С.19-23 ([www.seismo.kg](http://www.seismo.kg)).
3. Абдыраева Б.С., Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Жолбулакова А.Т. Механизм очага главного толчка и афтершоков землетрясения 2 марта 2010 года ( $M=4.8$ ) в районе Боомского ущелья, Кыргызстан. //«Вестник Института сейсмологии НАН КР», №2, 2013 г. С. 7-10 ([www.seismo.kg](http://www.seismo.kg)).
4. Абдыраева Б.С., Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б. Механизмы очагов землетрясений Кокшаальской зоны (Южный Тянь-Шань) за период 2013-2014гг.//«Вестник Института сейсмологии НАН КР», №4, 2014 г. С.37-40 ([www.seismo.kg](http://www.seismo.kg)).
5. Suetsugu D. Source Mechanism. IISEE, Tsukuba, Japan. 1998.103 pp.
6. Reasenberg P.A. and Oppenheimer D. FPFIT, FPLOT and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions. Open-file report 85-739. Menlo Park, California, 1985. -109p.
7. Global CMT catalog –Электронный ресурс-<http://www.globalcmt.org>\GMCT.

*Рецензент: д. г.-м. н. Кендирбаева Дж.Ж.*