

**МЕХАНИЗМЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА  
и ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ за 2012 г.**

**А.М. Муралиев, М.Б. Малдыбаева, Б.С. Абдыраева, Г.А. Сабирова**

*Институт сейсмологии НАН Республики Кыргызстан, г. Бишкек, [kis@mail.elkat.kg](mailto:kis@mail.elkat.kg)*

**Аннотация.** Представлены результаты исследования механизмов очагов землетрясений Кыргызстана и прилегающих территорий с  $K_p \geq 10.0$  за 2012 г. Каталог механизма землетрясений Центральной Азии пополнен новыми определениями и представлен в международном формате. В качестве примера массового определения по данным инструментальных наблюдений дано краткое описание механизмов очагов некоторых сильных землетрясений. Построена карта расположения диаграмм механизмов для рассматриваемых землетрясений, которая позволяет судить в некоторой степени о современном поле напряжений Тянь-Шаня.

**Abstract.** The results of a study of the mechanisms of earthquake foci of Kyrgyzstan and adjoined territories with  $K_p \geq 10.0$  for 2012 are presented. The catalog of the mechanism of earthquakes in Central Asia is supplemented with new definitions and presented in an international format. A brief description of the mechanism of the source of some strong earthquakes is given as an example of a mass definition from the data of instrumental observations. A map of the locations of mechanism's stereograms for the considered earthquakes is constructed, which allows one to judge to some extent about the present stress field of Tian-Shan.

**Введение.** В настоящее время изучением механизмов очагов землетрясений занимаются практически во всех сейсмоактивных регионах Земли. Сведения о фокальных механизмах землетрясений являются одним из основных источников информации о деформированном и напряженном состоянии сейсмоактивного объема земной коры и верхней мантии, ответственном за возникновение очага сильного землетрясения. В Центрально-Азиатском регионе массовое определение механизмов очагов землетрясений было начато в 1979 г. в централизованном порядке, когда все сведения собирал Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Таджикистана [1] в целях изучения напряженно-деформированного состояния региона. Настоящая работа продолжает эту традицию: массовое определение механизмов очагов коровых землетрясений с  $K_p \geq 10.0$  Кыргызстана и прилегающих территорий выполнено в Институте Сейсмологии НАН Кыргызской Республики. В качестве исходных данных использованы знаки первых вступлений  $P$ -волн, поступающих с большинства сейсмических станций Кыргызстана, Казахстана, Узбекистана, Таджикистана и Китая. При этом возникает достаточно сложная проблема сбора исходных данных для решения механизма очага приграничных землетрясений. В дальнейшем требуется решить эту проблему путем возобновления международных договоров, связанных с обменом сейсмологических данных, что позволит расширить изучение напряженно-деформированного состояния Тянь-Шаня.

**Методика определения механизмов.** Механизмы очагов землетрясений Тянь-Шаня определены по известной методике А.В. Введенской [2, 3]. Решение механизма очага для каждого индивидуального землетрясения найдено с помощью компьютерных программ [4, 5], адаптированных к условиям Тянь-Шаня. В случае сильного ( $K_p \geq 13.0$ ) землетрясения в каталоге региональное решение дополнено решениями международных центров GCMТ [6], NEIC [7].

В определении механизмов очагов землетрясений Кыргызстана в 2012 г. участвовало в общей сложности не менее десяти и не более 40 сейсмических станций в зависимости от магнитуды землетрясения. Точность определения этих данных зависит от многих факторов: от числа станций, зарегистрировавших землетрясение, азимутального расположения эпицентра землетрясения и сети сейсмических станций, изученности глубинного строения земной коры на пути сейсмического луча от очага до каждой сейсмической станции и др. Учет влияния каждого из этих факторов на точность определения механизма очага землетрясения составляет предмет специального изучения. Отметим, что учитывались все известные локальные годографы и расчеты углов выхода сейсмических лучей из очага.

**Исходные данные и каталог механизмов.** В качестве исходных данных использованы знаки четких первых вступлений  $P$ -волн. Цифровые сейсмические станции Кыргызстана реги-

стрируют скорости колебаний грунта. Поскольку для определения механизма очага нужны записи смещений, то вначале, с помощью специальной программы, проводился переход от скоростей к смещениям, и только потом снимались знаки  $P$ -волн. Для определения механизма очага приграничных землетрясений использованы данные сейсмических станций Казахстана, Узбекистана, Китая, а также данные оперативного сейсмологического бюллетеня.

Каталог механизмов очагов землетрясений с  $K_p \geq 10.0$  Кыргызстана и прилегающих территорий [8], который прилагается на CD, составлен по трем группам точности А, В и С. Это значит, что положение нодальных плоскостей определено с ошибкой до  $\pm 5^\circ$ ,  $\pm 10^\circ$  и  $\pm 20^\circ$  соответственно. В каталог не включалось решение механизма очага, если положение нодальных линий определено с ошибкой более  $\pm 20^\circ$ .

**Результаты.** Параметры механизма очага для 41 землетрясения с  $K_p \geq 10.0$  Кыргызстана и прилегающих территорий за 2012 г. приведены в виде таблицы на CD [2], их распределение по территории показано на рис. 1 а. Из всех 66 землетрясений с  $K_p = 10.0 - 14.0$  в 2012 г. (рис. 1 б) механизмы их очагов определены для 62% событий, остальное не удалось определить из-за недостатка данных наблюдений. Для сильных землетрясений с  $K_p = 13$  и 14 выполнено полное определение (табл. 1).

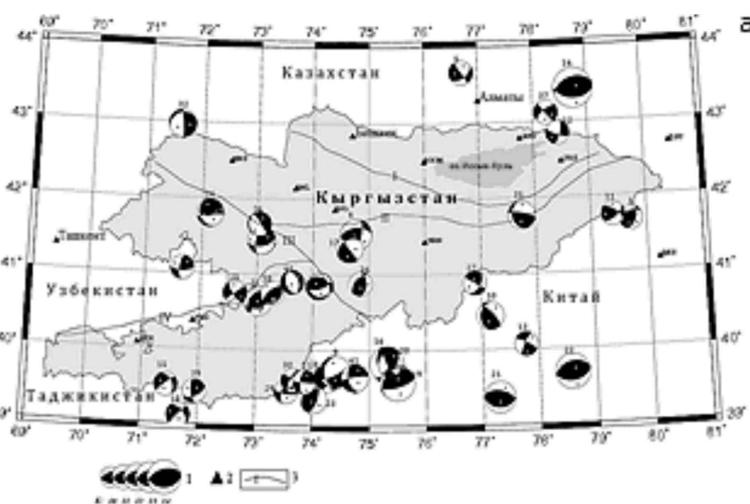


Рис. 1 а. Карта механизмов очагов землетрясений Кыргызстана и прилегающих территорий за 2012 г.

1 – диаграммы механизмов очагов землетрясений (номера диаграмм соответствуют порядковому номеру в каталоге [2]); 2 – сейсмическая станция; 3 – разлом.

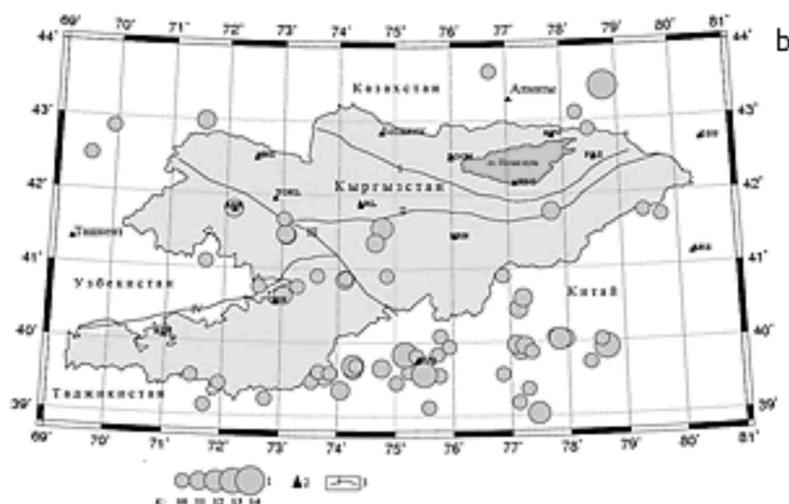


Рис. 1 б. Карта эпицентров 66 землетрясений Кыргызстана и прилегающих территорий с  $K_p = 10 - 14$  за 2012 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – сейсмическая станция, 3 – некоторые разломы: I – Южно-Иссык-Кульский; II – Линия Николаева; III – Таласо-Ферганский; IV – Южно-Ферганский.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам в 2012 г.

$K_p$	$N(K)$	$n$	$n/N, \%$
10	40	22	55%
11	18	12	67%
12	4	3	75%
Сумма	66	41	62%

Примечание.  $N$  – общее количество землетрясений,  $n$  – число землетрясений, для которых определены механизмы их очагов.

Классификация землетрясений по типу подвижек в их очагах показана в виде гистограммы на рис. 2, из которой видно, что в большинстве случаев в очагах исследованных землетрясений происходили подвижки типа «сдвиго-надвиг», «взбросы», «взброс по крутой плоскости или сдвиг по пологой», «надвиг». Это, по-видимому, не противоречит росту Тянь-Шаньских гор в условиях близгоризонтального и близмеридионального сжатия.

**Примеры рутинной обработки.** В качестве примера из рутинной обработки массового определения механизма очага землетрясения ниже рассмотрены три землетрясения, произошедшие 5 февраля, 30 мая и 26 июня, дана таблица параметров (табл. 2), диаграммы (рис. 3) и их описание.

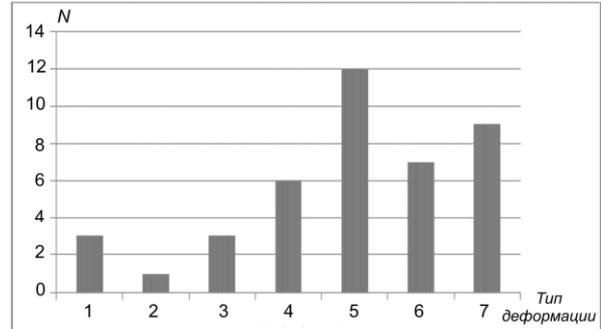


Рис. 2. Гистограмма распределения землетрясений по типу деформации в их очагах

1 – сдвиг; 2 – сброс; 3 – сдвиго-сброс; 4 – надвиг; 5 – сдвиго-надвиг; 6 – взброс по крутой или сдвиг по пологой плоскости; 7 – взброс.

Таблица 2. Параметры механизмов очагов землетрясений 5 февраля, 30 мая и 26 июня 2012 г.

Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
		T		N		P		NP1			NP2			
		PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
05.02	07 10 18.1	47	234	42	44	6	138	264	54	146	16	63	42	ИС НАН КР
		78	96	11	246	6	337	79	40	107	238	52	76	
30.05	21 20 55	80	78	11	263	1	172	92	47	104	252	45	75	ИС НАН КР
		80	206	6	81	8	350	73	37	80	265	54	97	
26.06	00 32 39.3	32	203	36	324	37	85	237	37	-174	143	87	-54	ИС НАН КР

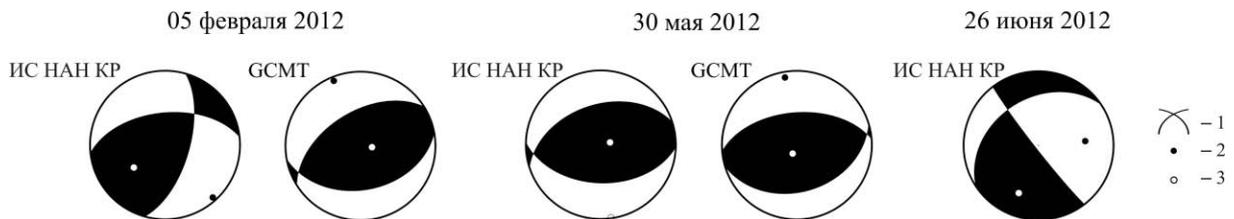


Рис. 3. Диаграммы механизмов очагов трех землетрясений

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

*Землетрясение 5 февраля в 07<sup>h</sup>10<sup>m</sup>.* По данным сети сейсмических станций, энергетический класс  $K_p=12.4$ , глубина гипоцентра  $h=21$  км [9], магнитуда  $M_w=4.4$  [6]. Эпицентр землетрясения находился в срединной части хребта Молдо-Тоо Центрального Тянь-Шаня (№ 4 на рис. 1). Собраны знаки первых четких вступлений продольных  $P$ -волн на записях 27 сейсмических станций. Отметим, что несколько знаков  $P$ -волн получено от сейсмических станций Казахстана, что помогло найти решение механизма очага этого землетрясения. Для примера на рис. 4 показана цифровая запись землетрясения на станции «Каджи-Сай».

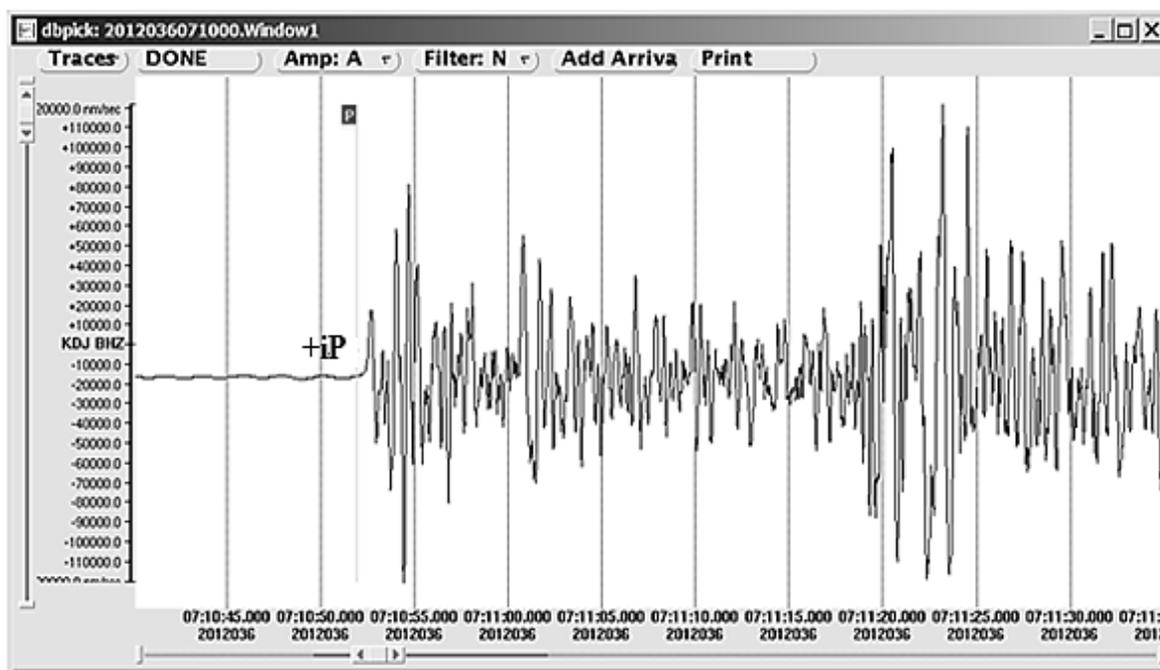


Рис. 4. Цифровая запись землетрясения Кыргызстана 5 февраля 2012 г. с энергетическим классом  $K_p=12.4$  на расстоянии  $\Delta=210$  км от станции «Каджи-Сай»-(KDJ)

Из рис. 4 видно, что «волна сжатия» (+iP) на станции «Каджи-Сай» записана достаточно четко. В подавляющем большинстве случаев вступление P-волн и на других станциях имеет интенсивный четкий характер. Может быть, это связано с тем, что большинство сейсмографов установлено на коренных породах. Ось главных напряжений сжатия (P) близгоризонтальна ( $6^\circ$ ) и ориентирована на юго-восток ( $AZM=138^\circ$ ), ось растяжения (T) имеет значительный угол с горизонтом ( $47^\circ$ ) и ориентирована на юго-запад ( $AZM=234^\circ$ ). Одна нодальная плоскость близмеридиональна ( $STK=16^\circ$ ), другая – близширотна ( $STK=264^\circ$ ). Подвижка по обеим достаточно крутым ( $54^\circ$  и  $63^\circ$ ) плоскостям – взбросо-сдвиг. По определению Колумбийского Университета США методом инверсии, в очаге произошел надвиг (NP1) или взброс по плоскости северо-восточного-юго-западного простирания, с незначительными компонентами сдвига.

*Землетрясение 30 мая в 21<sup>h</sup>20<sup>m</sup>.* Механизм очага землетрясения 30 мая 2012 г. определен, в основном, по данным сейсмических станций Кыргызстана и Казахстана (рис. 3). Это событие в 2012 г. считается сравнительно сильным ( $K_p=14.2$ ), его эпицентр находится на территории Казахстана (№ 14 на рис. 1). Решение механизма очага этого землетрясения найдено по данным 24 сейсмических станций, первое вступление P-волн достаточно четкое, его параметры приведены в табл. 2. Из табл. 2 видно, что очаг землетрясения 30 мая 2012 г. характеризуется «надвиговым» типом деформации. Обе нодальные плоскости простираются в субширотном направлении.

*Землетрясение 26 июня в 00<sup>h</sup>32<sup>m</sup>.* На рис. 3 показана диаграмма механизма очага землетрясения с  $K_p=10.9$ , произошедшего 26 июня в 00<sup>h</sup>32<sup>m</sup>. Одна из нодальных плоскостей имеет пологий характер ( $37^\circ$ ), по ней происходит «сдвиг» правосторонний, по вертикальной плоскости – сброс с левосторонним сдвигом.

#### Выводы:

– Механизмы очагов определены для 41 землетрясения с  $K_p \geq 9.6$ , произошедших на территории Кыргызстана и прилегающих районах в 2012 г. Это составляет 62% от общего количества произошедших землетрясений такого уровня.

– В очагах исследованных землетрясений Кыргызстана в 2012 г. преобладают подвижки типа «сдвига-надвиг», «взброс», «взброс по крутой или сдвиг по пологой плоскости», «надвиг», что соответствует росту гор Тянь-Шаня в условиях близгоризонтального и близмеридионального сжатия.

– Простирание нодальных плоскостей в очагах исследованных землетрясений практически совпадает с простиранием основных геологических структур (хребтов, разломов).

## Л и т е р а т у р а

1. Лукк А.А., Юнга С.Л., Шкляр Г.П., Соболева О.В., Леонова В.Г., Абдыкадыров А.А., Беленович Т.Я., Власова А.А., Матасова Л.М., Муралиев А.М., Филина Т.Я. Сейсмотектоническая деформация Средней Азии и Казахстана // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1979. – Душанбе: Дониш, 1980. – С. 67–99.
2. Введенская А.В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокации. – М.: Наука; 1969. – 136 с.
3. Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. – М.: Наука, 1972. – 192 с.
4. Reasenberg P.A. and Oppenheimer D. FPFIT, FPPLLOT and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plaue solutions // Open-file report 85–739. – Menlo Park, California, 1985. – 109 p.
5. Suetsugu D. Source Mechanism. – IISSE, Tsukuba, Japan. – 1998. – 103 p.
6. Global Centroid Moment Tensor (CMT) Catalog [Сайт]. – URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>
7. International Seismological Centre, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
8. Муралиев А.М. (ИС НАН КР), Полешко Н.Н. (РГП ИГИ МЭ РК) (отв. сост.), М.Б. Малдыбаева, Абдыраева Б.С. (ИС НАН КР), Досайбекова С. (СОМЭ МОН РК), Холикова М.А. (РЦСМ) (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Центральной Азии за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
9. Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р. (по региону), Соколова Н.П. (по Кыргызстану), Гесель М.О. (по Казахстану), Михайлова Н.Н. (по Казахстану), Тулаганова М.Т. (по Узбекистану) (отв. сост.), Молдобекова С., Першина Е.В., Афонина Л.Р., Неверова Н.П., Проскурина Л.П., Далбаева Ж., Досайбекова С.К., Проскурина А.В., Мукамбаев А.С., Бастанова Н.Ш., Узбеков Р., Сейнасинов Н., Рябенко О.В., Бектурганова Б.Б., Содикова Н.М., Кучкарова К.И. (сост.). Каталог землетрясений Центральной Азии за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.