

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-4-138-146>
УДК 550.34

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВУХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КИТАЕ И ТУРЦИИ ПО ДАННЫМ СЕТИ НЯЦ РК

О. В. Рябенко*, В. И. Дубровин

Филиал «Институт геофизических исследований» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

* E-mail для контактов: Oksy300189@mail.ru

В работе рассматриваются различные аспекты регистрации сильных землетрясений с магнитудой $M_w \geq 7$ в Турции и Китае (2023 и 2024 гг.) сейсмическими группами сети Национального ядерного центра с точки зрения эффективности их участия в сейсмомониторинге. Определены невязки значений азимутов и времен пробега по сейсмическим группам. Даны рекомендации для аналитиков по использованию различных станций при обработке данных из районов исследуемых землетрясений. Сделан анализ записей инфразвуковых станций с целью обнаружения сигналов от этих сильных землетрясений. Найдены сигналы по станции IS31 (Актюбинск) от турецких землетрясений и по станции Маканчи от китайского землетрясения.

Ключевые слова: сильные землетрясения, сейсмическая группа, регистрация, главный толчок, афтершок, азимут, время пробега, инфразвуковой сигнал.

ВВЕДЕНИЕ

В работе рассмотрены записи сильных землетрясений в Турции и Китае, произошедших в 2023 и 2024 гг., по станциям сети НЯЦ РК. Магнитуда всех исследуемых землетрясений превышала 7.

6 февраля 2023 года на территории юга-востока Турции с интервалом в девять часов произошли два мощных землетрясения. Эпицентр первого, с магнитудой $M_w = 7,8 (\pm 0,1)$, находился в районе Газиантепе (Турция), эпицентр второго, с магнитудой $M_w = 7,5 (\pm 0,1)$, – в районе Кахраманмараше (Тур-

ция). В результате катастрофы в Турции погибло свыше 50 090 человек, в Сирии – 8476 человек, еще десятки тысяч людей пострадали. После землетрясений суммарно зарегистрировано более 50000 повторных толчков, самый сильный афтершок имел магнитуду 6,7. По меньшей мере 9224 здания были частично или полностью разрушены. Землетрясения произошли в густонаселенных районах.

На рисунках 1 и 2 представлены карты сейсмической интенсивности от землетрясений 6 февраля 2023 года в Турции [1].

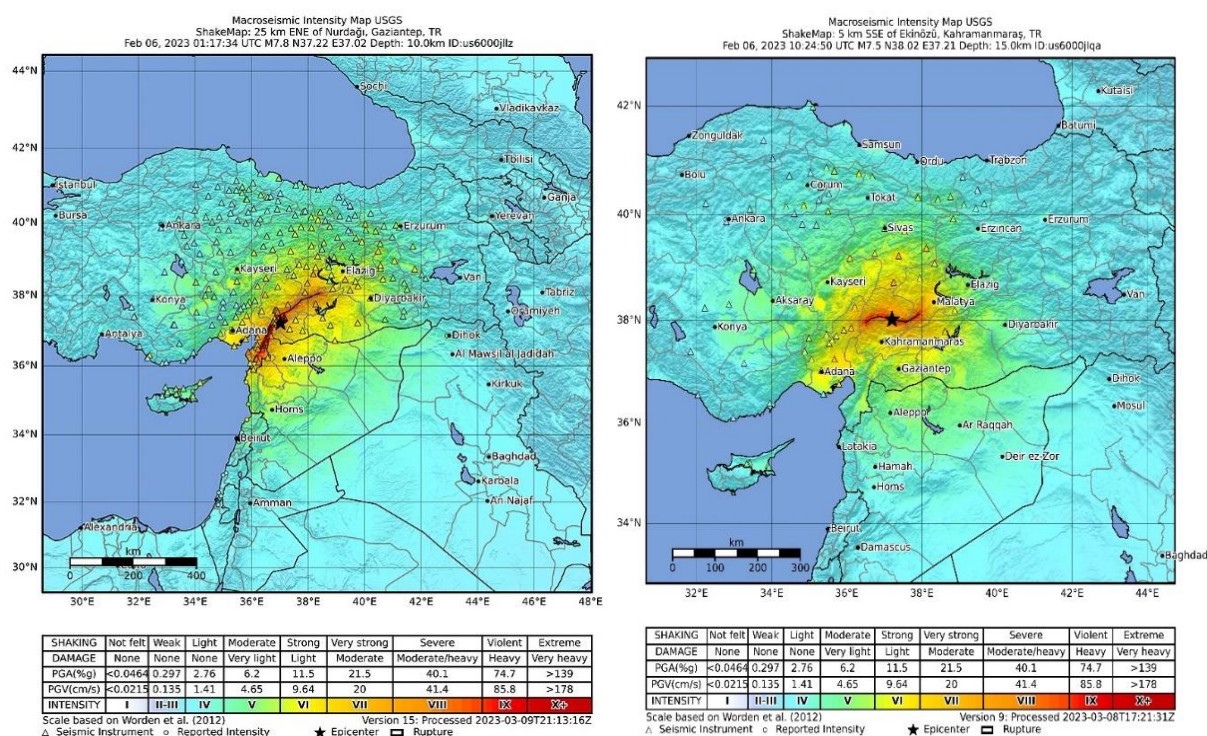


Рисунок 1. Карты изосейст землетрясений 6 февраля 2023 года в Турции [1]

22 января 2024 года на территории Китая произошло сильное землетрясение. Эпицентр землетрясения находился в уезде Уши в округе Аксу в горной местности на северо-западе Синьцзян-Уйгурского автономного района КНР неподалёку от границы с Кыргызстаном. Магнитуда $M_w = 7,1 (\pm 0,1)$. Но поскольку землетрясение произошло в малонаселенной местности, число пострадавших оказалось минимальным для землетрясения с такой магнитудой. По данным агентства Синьхуа [2], вблизи эпицентра расположены пять деревень. Обрушилось несколько жилых домов и загонов для скота, некоторые пастухи получили легкие ранения. Отмечены остановки на железной дороге движения 27 поездов. В некоторых районах после землетрясения произошли перебои с электроснабжением. Сообщается о 47 разрушенных домах и о 78 поврежденных [3, 4].

Толчки от землетрясения ощущались в Кыргызстане, Казахстане и некоторых регионах Узбекистана. Землетрясение произошло в 260 км к юго-востоку от г. Алматы. В г. Алматы оно ощущалось с интенсивностью 4–5 баллов и вызвало панику среди населения.

На рисунке 3 представлена карта изосейст землетрясения, произошедшего 22 января в Китае [4] по данным китайских сейсмологов.

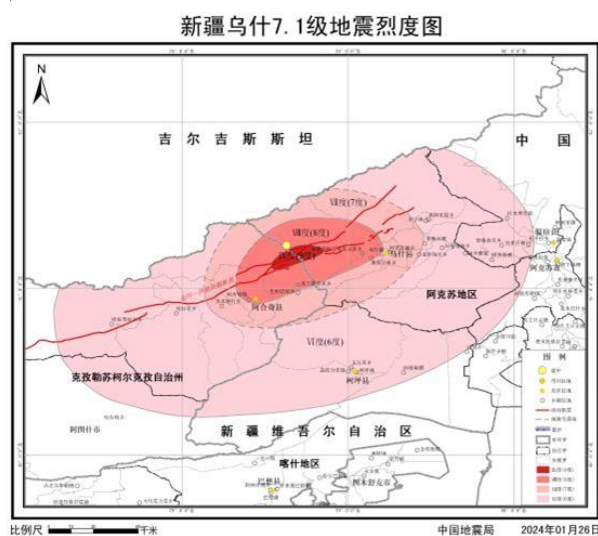


Рисунок 3. Карта изосейст землетрясения, произошедшего 22 января 2024 года в Китае

При одинаковой интенсивности Турецких и Китайского землетрясений в эпицентре они имеют огромную разницу в разрушениях и количестве жертв.

1. УЧАСТИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НЯЦ РК В РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКЕ ГЛАВНЫХ ТОЛЧКОВ И ИХ АФТЕРШОКОВ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ЦЕНТРАХ ДАННЫХ

При поддержке международных организаций в Казахстане создана современная система мониторинга ядерных взрывов и землетрясений, являющаяся частью международных систем мониторинга. Сеть

ИГИ НЯЦ РК [5] начала свою работу с середины 1994 г., главной особенностью сети является то, что большинство станций являются сейсмическими группами различной конфигурации, расположенными по периметру Казахстана, что обеспечивает эффективную регистрацию сейсмических событий как внутри страны, так и за ее пределами.

В настоящее время сеть наблюдений ИГИ НЯЦ РК включает в себя 5 сейсмических групп, 8 трехкомпонентных сейсмических станций и 3 инфразвуковых группы (рисунок 4). Основные задачи сети сейсмических наблюдений ИГИ НЯЦ РК заключаются в участии в глобальном мониторинге ядерных испытаний и землетрясений в поддержку Договора ДВЗЯИ и в региональном мониторинге событий Центральной Азии. На рисунке 4 показана карта расположения станций сети НЯЦ РК и эпицентры выбранных землетрясений.

Данные станций НЯЦ РК в разных режимах оперативности и в разной форме поступают в различные центры данных, где они наряду с данными станций других сетей мира используются для локализации источника, для определения его магнитуды и энергии. Самые оперативные решения на основе автоматической обработки выдает Европейский средиземноморский центр данных (EMSC) [6]. В этот центр из KNDC [7] (центр данных в г. Алматы) уходят автоматические бюллетени обработки. В Международный центр данных IDC [8] Организации Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний поступают непрерывные волновые формы со станций, входящих в систему мониторинга IMS. В Центр данных Американской геологической службы USGS [9] поступают данные станций НЯЦ РК, входящих в системы IRIS и ряда других. Анализ показал, что для получения оперативных решений во всех этих международных центрах использовались данные станций сети НЯЦ РК.

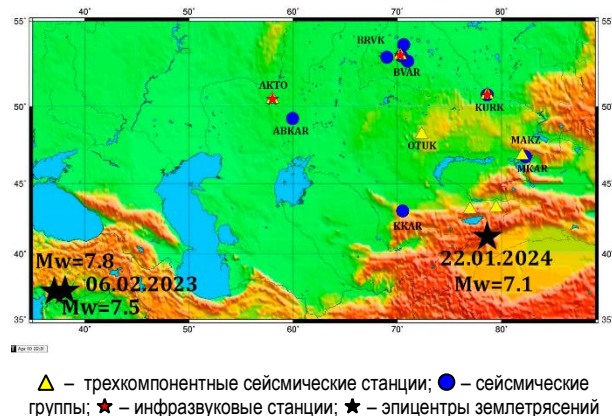


Рисунок 4. Схема расположения сейсмических и инфразвуковых станций НЯЦ РК и эпицентров исследуемых землетрясений

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВУХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КИТАЕ И ТУРЦИИ ПО ДАННЫМ СЕТИ НЯЦ РК

Таблица 1. Событие 6 февраля 2023 г. в 01:17 (GMT) по данным разных центров мира и участие станций НЯЦ РК в их решении

Источник	Время	Широта	Долгота	Глубина	Магнитуда	Станции
EMSC	01:17:36,1	37,17	37,08	20	Mw 7,8	ABKAR, BRVK, K KAR, KURK, MAKZ, MKAR, PDGK
USGS	01:17:34,332	37,2302	37,019	10	Mw 7,8	ABKAR, K KAR, KURK, MAKZ, MKAR, PDGK
IDC (REB)	01:17:33,410	37,2687	37,0891	0	Ms 7,9	AKTO, BVAR, KURK, MKAR, IS31KZ

Таблица 2. Событие 6 февраля 2023 г. в 10:24 (GMT) по данным разных центров мира и участие станций НЯЦ РК в их решении

Источник	Время	Широта	Долгота	Глубина	Магнитуда	Станции
EMSC	10:24:49,6	38,11	37,24	10	Mw 7,5	ABKAR, K KAR, KURK, MAKZ, MKAR, PDGK
USGS	10:24:49,640	38,008	37,211	13	Mw 7,8	ABKAR, K KAR, KURK, MAKZ, MKAR
IDC (REB)	10:24:47,490	38,1152	37,2285	0	Ms 7,8	AKTO, BVAR, KURK, MKAR, IS31KZ

Таблица 3. Событие 22 января 2024 года в 18:09 (GMT) по данным разных центров мира и участие станций НЯЦ РК в их решении

Источник	Время	Широта, N	Долгота, E	Глубина	Магнитуда	Станции
EMSC	18:09:05	41,311°	78,655°	20	Mw 7,0	ABKAR, K KAR, KURK, MAKZ, MKAR, PDGK
USGS	18:09:04	41,256°	78,654°	13	Mw 7,0	ABKAR, K KAR, KURK, MAKZ, MKAR, PDGK
IDC (REB)	18:09:02	41,2439°	78,6769°	0	Ms 7,2	AKTO, BVAR, KURK, MKAR, IS31KZ

Все станции хорошо зарегистрировали исследуемые три события, автоматические решения были переданы в EMSC, а волновые формы поступили в два других центра. В таблицах 1, 2 и 3 показано, какие станции Казахстана участвовали в получении решений в международных центрах.

Отметим, что для турецких землетрясений расхождения в положении эпицентра по данным разных центров доходят до 10 км даже при большом количестве станций регистрации и хорошем окружении источника. Для китайского землетрясения расхождения между решениями меньше 5 км.

Была проанализирована магнитудная чувствительность казахстанских станций IMS по регистрации афтершоков и пороговая чувствительность станций. В систему IMS входят 4 сейсмические станции: Маканчи – первичная станция, Боровое, Курчатова и Актюбинск – вспомогательные станции. Причем три из них – это сейсмические группы, а Актюбинск – трехкомпонентная станция. Эпицентральное расстояние до первого турецкого толчка составляет от 2226 км по станции Актюбинск до 3841 км по станции Маканчи, а до китайского землетрясения – от 660 км по станции Маканчи до 1709 км по станции Актюбинск. Анализировался период времени в 2 месяца после землетрясений. В таблицах 4 и 5 представлено общее количество зарегистрированных из этих очагов афтершоков.

Видно, что по самой дальней от эпицентра турецкого землетрясения станции Маканчи зарегистрировано наибольшее количество событий. Причем эта зависимость характерна для событий, начиная с магнитуды 3,0. Для китайского землетрясения самое большое количество афтершоков зарегистрировано также по станции Маканчи, она записала события начиная с магнитуды 2,8. Эта станция отличается высо-

кой эффективностью, занимает среди станций IMS мира уверенное третье место по количеству обнаруживаемых и включаемых в бюллетень REB событиям.

Таблица 4. Количество зарегистрированных афтершоков в Турции

Станция	Количество событий	Эпицентральное расстояние, км
AKTO	375	2226
BVAR	373	3116
KURK	453	3602
M KAR	675	3841

Таблица 5. Количество зарегистрированных афтершоков в Китае

Станция	Количество событий	Эпицентральное расстояние, км
AKTO	149	1709
BVAR	335	1432
KURK	408	1035
M KAR	438	660

Анализ всех данных по афтершокам показал, что по станциям Казахстана из района турецких землетрясений мы можем уверенно фиксировать события с магнитудой более 3,5, а из района китайского события – с магнитудой более 3,2.

Данными по размерам области проявления афтершоков рассматриваемых землетрясений подтверждена ранее полученная в нашем Центре зависимость размеров области проявления афтершоков, ассоциируемой с размерами очага, от магнитуды. Зависимость была получена для землетрясений на территориях Казахстана и Кыргызстана [10] (рисунок 5).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВУХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КИТАЕ И ТУРЦИИ ПО ДАННЫМ СЕТИ НЯЦ РК

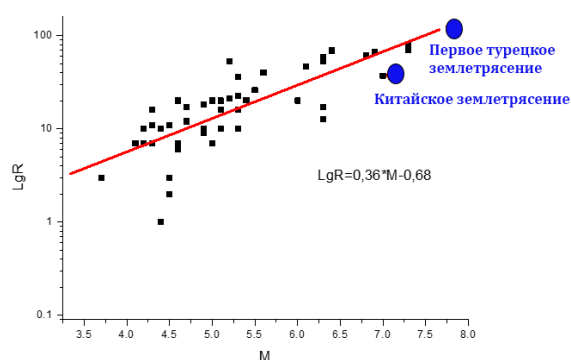


Рисунок 5. График зависимости размеров области афтершоков R, км от магнитуды Mw [10] со значениями областей для китайского и турецкого землетрясений

Можно сделать вывод, что полученные формулы можно применять не только для землетрясений территории Казахстана и Кыргызстана, но и для более удаленных событий.

2. АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ И ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ПО НИМ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

В Центре данных ИГИ НЯЦ РК были собраны, проанализированы все записи станций НЯЦ РК, по ним определены кинематические и динамические характеристики сейсмических волн и получены параметры землетрясений. На рисунках 6, 7 и 8 приведены записи турецкого и китайского землетрясений по пяти сейсмическим группам.

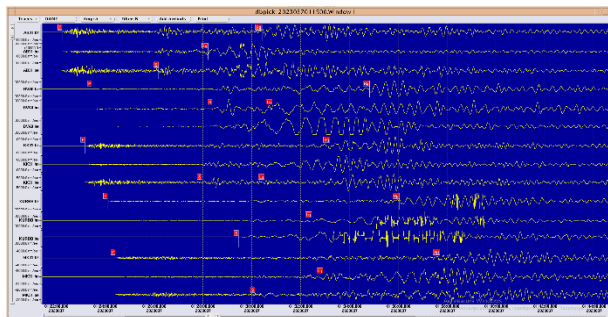


Рисунок 6. Записи первого турецкого землетрясения по пяти сейсмическим группам (показаны только записи на трехкомпонентных станциях групп)

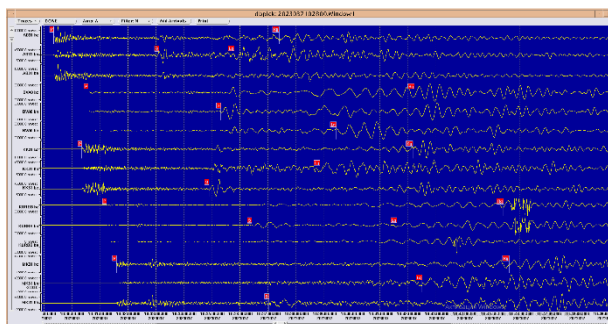


Рисунок 7. Записи второго турецкого землетрясения по пяти сейсмическим группам (показаны только записи на трехкомпонентных станциях групп)

Заметим, что для турецких землетрясений даже на столь больших расстояниях 2–5 тысяч км записи в области поверхностных волн были «зашкалены».

Анализ записей турецкого землетрясения показал более сложную волновую картину у первого очага, что может говорить о сложном процессе в его очаге.

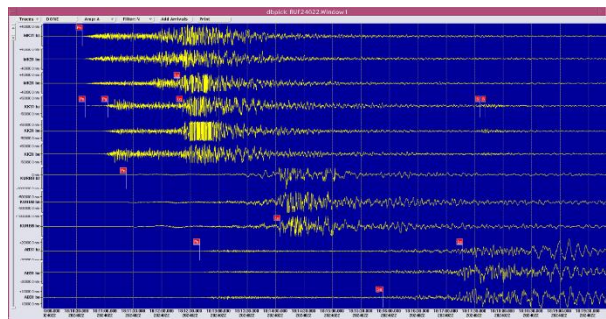


Рисунок 8. Китайское событие по пяти сейсмическим группам (показаны только записи на трехкомпонентных станциях групп)

Для китайского землетрясения также «зашкалены» записи на станциях Каратау и Маканчи. При анализе записи китайского землетрясения видны четкие времена вступления по всем станциям.

На рисунке 9 и 10 отдельно представлены записи по станции Маканчи МК31.

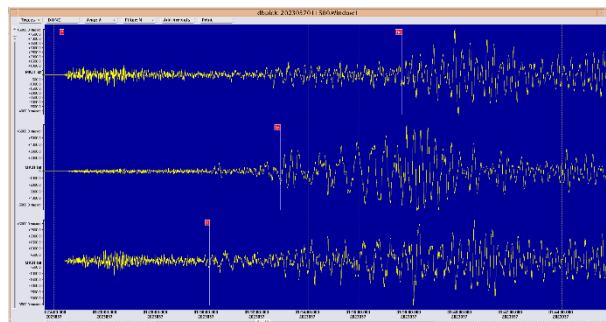


Рисунок 9. Записи первого турецкого землетрясения по станции МК31

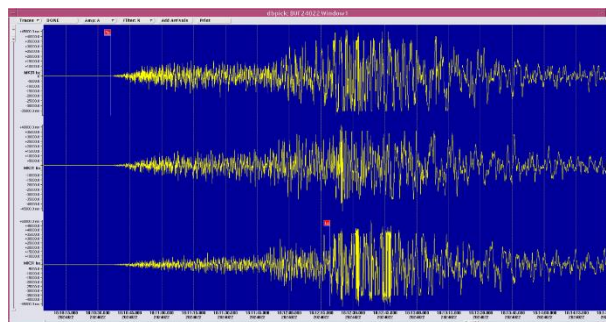


Рисунок 10. Китайское событие по станции МК31

По записям всех станций были определены времена вступления всех сейсмических фаз, амплитуды, периоды, что позволило рассчитать значения магнитуд по объемным волнам mb, а также изучить невязки по различным параметрам. В таблице 8 представ-

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВУХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КИТАЕ И ТУРЦИИ ПО ДАННЫМ СЕТИ НЯЦ РК

лены магнитудные характеристики трех землетрясений по станциям НЯЦ РК. По магнитуде m_b три землетрясения имели почти равную величину.

Важным параметром для проведения локализации события по сейсмическим группам является баказимут – азимут со станции на эпицентр, определяемый на основе F-k (частотно-волново-численного анализа), по сейсмическим группам. Нашей задачей было нахождение невязки в баказимутах – различия между истинным и расчетным по F-k значениями баказимуты для каждой сейсмической группы. Допустимая невязка в баказимутах должна быть не более 10 градусов. Из таблицы 9 видно, что станции Каратау и Боровое имеют ошибку в значениях азимута больше допустимой. Рассматривая баказимуты от станции на эпицентр для китайского землетрясения, мы можем сказать, что поправку по азимутам вносить не нужно, так как они определяются достаточно хорошо (таблица 10).

Таблица 8. Магнитуды трех событий по станциям НЯЦ РК

Станция	Энергетические характеристики (m_b)		
	Турция 1 событие	Турция 2 событие	Китайское событие
AB31	6,63	6,4	6,68
AKTO	6,32	6,57	6,64
KK31	6,71	6,58	7,52
PDGK	6,74	6,96	–
MAKZ	6,27	6,31	6,42
KURK	6,45	6,49	6,39
СРЕДНЕЕ	6,45	6,46	6,53 (без учета Каратау)

Таблица 9. Расчетные и истинные значения баказимуты по первому турецкому землетрясению

Станция	Расчетный азимут	Истинный азимут	δAz
ABKAR	242	242	0
BVAR	264	249	15
KKAR	304	268	36
KURBB	267	261	6
MKAR	269	270	1

Таблица 10. Расчетные и истинные значения баказимуты по китайскому землетрясению

Станция	Расчетный азимут	Истинный азимут	δAz
ABKAR	109	114	5
KKAR	100	104	4
KURBB	181	179	3
MKAR	205	206	1

На рисунках 11 и 12 показаны примеры нахождения баказимута по станции Акбулак для турецкого и китайского землетрясений.

Поскольку для локализации событий в практике Центра данных используется годограф IASPEI 91[8], важно было оценить невязки времен пробега относи-

тельно этого годографа по разным типам волн. За истинный гипоцентр землетрясений принимались решения, полученные в IDC для турецких землетрясений, а для землетрясения в Китае – $\varphi = 41^{\circ}15'36.00''N$ $\lambda = 78^{\circ}37'48.00''E$. Были определены все времена пробега для разных типов волн по измеренным временам вступления на станциях. Следующим шагом было нахождение времен пробега по годографу IASPEI 91 тех же типов волн для конкретных расстояний и сравнение двух значений времен пробега. Сравнение проводилось для каждого события по Р и S волнам.

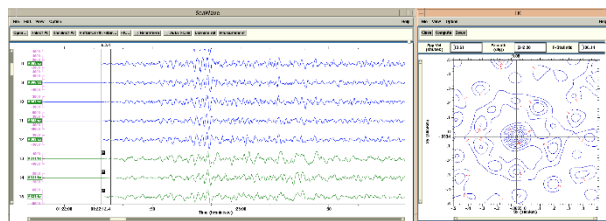


Рисунок 11. Нахождение баказимута по станции ABKAR для первого турецкого землетрясения

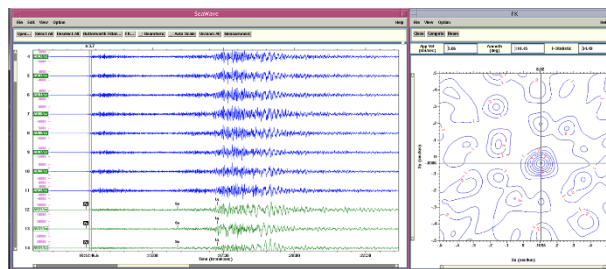


Рисунок 12. Нахождение баказимута по станции ABKAR для китайского землетрясения

Отмечается, что для турецких землетрясений (таблица 12) по Р-волнам получены достаточно небольшие невязки, то есть годограф можно использовать в практике обработки. Но для S-волн картина гораздо хуже. Это связано с проблемами при выделении вступлений этой волны на фоне коды Р-волн. По возможности при локализации лучше использовать только первые вступления Р-волн и баказимуты. Для китайского землетрясения получены достаточно небольшие невязки по всем типам волн (таблица 13). Это говорит о том, что можно проводить локализацию событий, используя годограф IASPEI 91 для обработки событий из этого района. Лучше при локализации использовать волны P_n и L_g .

3. ИНФРАЗВУКОВЫЕ СТАНЦИИ В РЕГИСТРАЦИИ ТУРЕЦКИХ И КИТАЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Центр данных ИГИ НЯЦ РК ведет непрерывный инфразвуковой мониторинг. Производится сбор и обработка данных с трех казахстанских инфразвуковых станций – Актюбинск IS31, Курчатов (KURIS), Маканчи (MKAIR), а также Российской инфразвуковой группы Залесово (I46RU) (MCM), расположенной вблизи границы с Казахстаном на юге Западной Сибири.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВУХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
В КИТАЕ И ТУРЦИИ ПО ДАННЫМ СЕТИ НЯЦ РК**

Таблица 12. Сравнение значений времен пробега по первому турецкому землетрясению

Станция	P			S		
	Т, с по годографу	Т, с по времени прихода	Невязка δt , с	Т, с по годографу	Т, с по времени прихода	Невязка δt , с
AB31	00:04:31	00:04:38	00:00:07	00:08:16	00:08:35	00:00:19
AKTO	00:04:31	00:04:31	00:00:00	00:08:16	00:08:22	00:00:06
KK31	00:05:32	00:05:34	00:00:02	00:10:02	00:10:21	00:00:19
OTUK	00:05:50	00:05:50	00:00:00	00:10:34	00:10:57	00:00:23
BVA0	00:05:50	00:05:50	00:00:00	00:10:34	00:10:47	00:00:13
KNDC	00:06:07	00:06:17	00:00:10	00:11:05	00:11:51	00:00:46
PDGK	00:06:25	00:06:32	00:00:07	00:11:37	00:11:58	00:00:21
MAKZ	00:00:42	00:06:46	00:00:04	00:12:08	00:12:25	00:00:17
MK31	00:06:42	00:06:48	00:00:06	00:12:08	00:12:32	00:00:24
KURBB	00:06:25	00:06:29	00:00:04	00:11:37	00:11:52	00:00:15
KURK	00:06:25	00:06:30	00:00:05	00:11:37	00:11:54	00:00:17

Таблица 13. Сравнение значений времен пробега для китайского землетрясения

Станция	Pn			Sn			Lg		
	Т, с по годографу	Т, с по времени прихода	Невязка δt , с	Т, с по годографу	Т, с по времени прихода	Невязка δt , с	Т, с по годографу	Т, с по времени прихода	Невязка δt , с
AB31	00:03:35	00:03:35	00:00:00	00:06:27	00:06:49	00:00:22	00:08:09	00:08:13	00:00:04
AKTO	00:03:57	00:03:57	00:00:00	00:07:07	00:07:32	00:00:25			00:00:00
KK31	00:01:32	00:01:35	00:00:03	–	–	–	00:03:21	00:03:17	-00:00:04
OTUK	00:01:59	00:02:02	00:00:03	–	–	–	00:04:24	00:04:25	00:00:01
KNDC	00:00:37	00:00:42	00:00:05	00:01:06	00:01:13	00:00:07	–	–	00:00:00
PDGK	00:00:35	00:00:39	00:00:04	00:01:02	00:01:11	00:00:09	–	–	00:00:00
MAKZ	00:01:28	00:01:32	00:00:04	00:02:38	00:02:47	00:00:09	00:03:12	00:03:15	00:00:03
MK31	00:01:29	00:01:32	00:00:03	–	–	–	00:03:15	00:03:15	00:00:00
KURBB	00:02:13	00:02:18	00:00:05	–	–	–	00:04:58	00:05:00	00:00:02
KURK	00:02:15	00:02:18	00:00:03	–	–	–	00:05:01	00:04:59	-00:00:02

Детектирование сигналов в записях станций производится с использованием детектора РМСС. РМСС – метод прогрессивной мультиканальной корреляции, разработанный во французском национальном центре данных и предоставленный казахстанскому центру данных для использования при работе с инфразвуковыми и сейсмическими данными [9]. Главное достоинство метода заключается в его способности обнаруживать посредством поиска взаимной корреляции между записями разных элементов инфразвуковой или сейсмической групп сигналы, определять параметры этих сигналов. Все данные, регистрируемые станцией изо дня в день, обрабатываются и заносятся в автоматический бюллетень детектирований. Сформированный в результате расчетов бюллетень представляет собой набор строк, расположенных в хронологическом порядке, каждая из которых включает информацию о параметрах обнаруженного сигнала (время, азимут, кажущаяся скорость, частота, амплитуда). Анализ накопленного материала позволяет составить представление об источниках инфразвука, сигналы которых регистрирует станция.

Инфразвуковой сигнал от землетрясения, произошедшего на территории Китая 22 января 2024 года в 18:09, был зарегистрирован казахстанской инфразву-

ковой группой Маканчи (МКАИР), а также Российской инфразвуковой группой Залесово (I46RU).

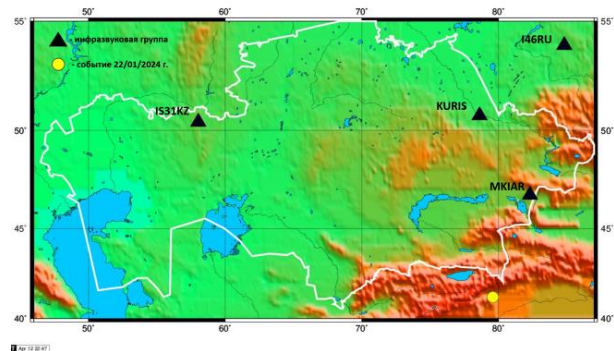


Рисунок 13. Инфразвуковые группы Казахстанской сети мониторинга, а также Российская инфразвуковая группа I46RU

Истинный азимут от инфразвуковой группы МКИАР примерно 207 градусов, расстояние от эпицентра до станции около 683 километра. На рисунке 14 представлены результаты регистрации события на территории Китая 22 января 2024 года. На принадлежность этого сигнала указанному землетрясению указывает кажущаяся скорость и азимут на эпицентр.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВУХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КИТАЕ И ТУРЦИИ ПО ДАННЫМ СЕТИ НЯЦ РК

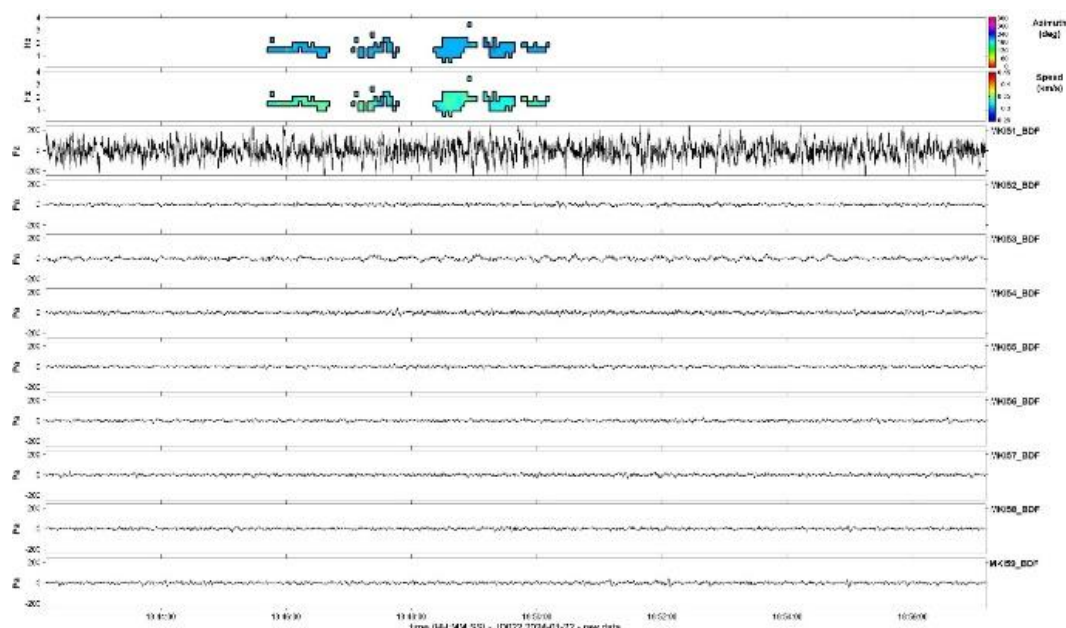


Рисунок 14. Результаты регистрации Китайского землетрясения 22 января 2024 года инфразвуковой станцией MKIAR (девять нижних трасс соответствуют элементам группы).
Использован метод РМСС

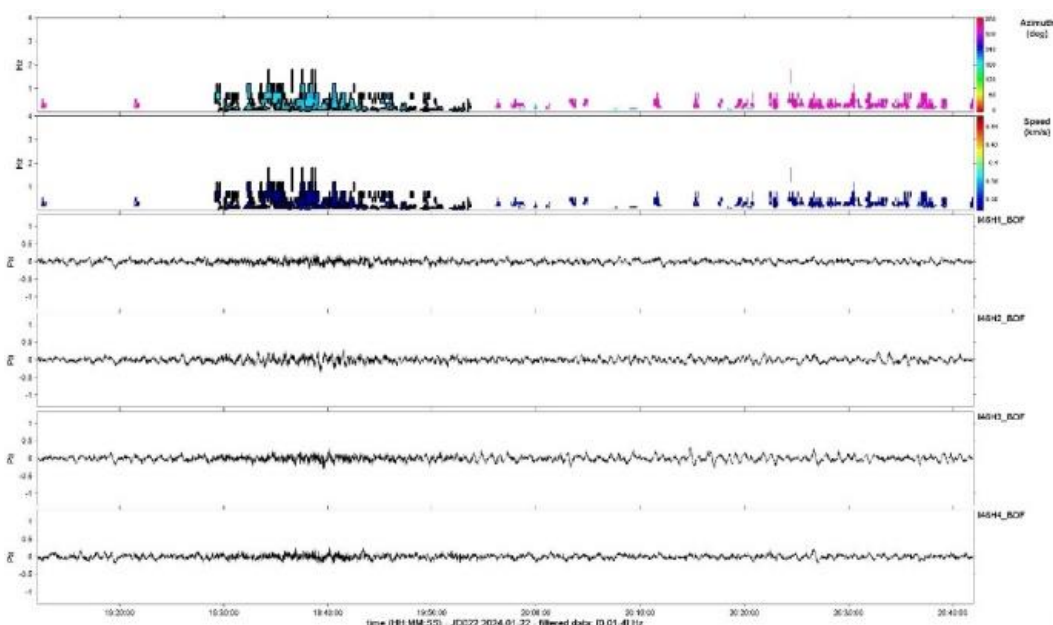


Рисунок 15. Результаты регистрации китайского землетрясения 22 января 2024 года российской инфразвуковой станцией Залесово (I46RU) (четыре нижние трассы соответствуют элементам группы). Использован метод РМСС

Инфразвуковая станция I46RU Залесово входит в состав МСМ, состоит из 4 элементов. Данные этой инфразвуковой группы поступают в Центр данных в г. Алматы режиме реального времени. Истинный азимут на эпицентр равен 201 градус, расстояние до эпицентра землетрясения 1440 километра. На рисунке 15 представлены результаты регистрации события этой станцией.

Два мощных землетрясения в Турции были зарегистрированы станциями МСМ и сетью ИГИ НЯЦ

РК. Анализ и сравнение инфразвуковых волн были проведены на примере инфразвуковой группы IS31 Актюбинск. Расстояние от группы IS31 Актюбинск до эпицентра главного толчка Китайского землетрясения составило около 1900 км, расчетный азимут примерно 114°. При изучении волновой формы инфразвуковой группы IS31 Актюбинск по данным бюллетеня IDC REB было обнаружено на инфразвуковой записи только вступление, соответствующее времени начала фазы сейсмической S- волны, которая пришла

на станцию в 18 часов 16 минут 34 секунды. О природе записанных волн можно судить по полученным значениям кажущейся скорости. Они равны значениям, полученным для соответствующих цугов сейсмических волн. Механизм их генерации описан в [13]. Вертикальное смещение сейсмических волн генерирует на месте установки приборов обменные волны «поверхность – атмосфера». Местное преобразование сейсмических волн в волны звукового давления, наблюдаемое посредством микробарометров на региональных и телесеизмических расстояниях, описано в [14–16]. В то же время, при изучении волновой формы инфразвуковой группы IS31 Актюбинск с помощью детектора РМСС семейства детектирования от очагов не были обнаружены в расчетном диапазоне азимутов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Все сейсмические станции НЯЦ РК зарегистрировали рассмотренные сильные землетрясения в двух регионах мира – Турции и Китае. Их данные использованы во всех международных центрах для оперативной локализации очагов.

2. Наиболее эффективной станцией в регистрации афтершоков всех изученных землетрясений оказалась первичная станция МСМ Маканчи. Ею обнаружено наибольшее количество афтершоков с магнитудой от 3,2–3,5 и более.

3. По всем станциям для всех сейсмических фаз определены времена вступления, амплитуды и периоды. Рассчитаны значения магнитуды m_b .

4. Турецкие и китайские землетрясения использованы нами для повышения эффективности мониторинга – для поиска невязок времен пробега продольных и поперечных волн и баказимутов по станциям НЯЦ РК. При турецких землетрясениях выявлены недопустимые отклонения в баказимутах станции Каратау, что требует дополнительного анализа. Для китайского землетрясения нет значительных невязок в значениях баказимутов и временах пробега относительно годографа IASPEI 91. Рекомендовано при локализации событий из района Южного Тянь-Шаня использовать времена вступлений волн P_n и L_g .

5. При китайском землетрясении обнаружены с помощью программы РМСС в расчетном диапазоне азимутов на источник сигналы по станциям Маканчи и Залесово. Эти сигналы сгенерированы в очаговой области и распространены на расстояния вплоть до почти 1500 км. При турецких землетрясениях инфразвук из очаговой области не обнаружено, имеется только инфразвуковой сигнал, образованный на месте установки микробарометра на станции IS31 Актюбинск на расстоянии почти 2000 км от очагов при вступлении сильных колебаний в фазе сейсмической S-волны.

Данные исследования финансировались Министерством энергетики Республики Казахстан в рамках научно-технической программы BR24792713 «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан».

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение в Турции и Сирии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение_в_Турции_и_Сирии) (2023)
2. [https://so.news.cn/Землетрясение в Китае/22/0](https://so.news.cn/Землетрясение_в_Китае/22/0)
3. <https://kz.kursiv.media/2024-01-23/dmnv-zemletryasenie-v-kitae/>
4. <http://www.gangyiku.com/xuexi/330432.html>
5. Михайлова Н.Н. Сейсмические данные станций НЯЦ РК для решения проблем сейсмобезопасности Казахстана // Вестник НЯЦ РК. – 2008. – Выпуск 2. – С. 79–84. [Mikhailova N.N. Seismic Data of Kazakhstani Stations to Solve Seismic Safety Problems in Kazakhstan // NNC RK Bulletin. – 2008. Issue 2. – P. 79–84. (In Rus.)]
6. <https://www.emsc-csem.org/>
7. <https://kndc.kz/>
8. <https://www.ctbto.org/>
9. <https://www.usgs.gov/>
10. Аристова И.Л., Михайлова Н.Н. Афтершоковые последовательности сильных землетрясений Казахстана и сопредельных стран. // Вестник НЯЦ РК. – 2017. – Вып. 2. – С. 83–92. [Aristova I.L., Mikhailova N.N. Aftershock Sequences of Large Earthquakes on the Territory of Kazakhstan and Adjacent Countries // NNC RK Bulletin. – 2017. Issue 2. – P. 83–92. (In Rus.)]
11. Bormann, P. Magnitude of seismic events, in IASPEI / ed. P. Bormann // New Manual of Seismological Observatory Practice. – Potsdam: GeoForschungsZentrum. – 2002. – Vol. 1. – P. 16–50.
12. Cansi Y. An automatic seismic event processing for detection and location: The P.M.C.C. method // Geophys. Res. Lett. – 1995. – Vol. 22. – P. 1021–1024.
13. Le Pichon, J. Guilbert, M. Valle'e, J. X. Dessa, M. Ulziibat Infrasonic imaging of the Kunlun Mountains for the great 2001 China earthquake // Geophysical Research Letters. – 2003. – Vol. 30. – Issue 15. – P. 1814. <https://doi.org/10.1029/2003gl017581>
14. W.L. Donn, E.S. Posmentier Ground-coupled air waves from the great Alaskan earthquake // J. Geophys. Res.. – 1964. – Vol. 69. – P. 5357–5361.
15. R. K. Cook Infrasonic sound radiated during the Montana earthquake of 1959 August 18 // Geophys. J. R. – 1971. – Astr. Soc., – Vol. 26. – P. 191–198.
16. Y. Takanashi, Y. Koyama, T. Isei, In situ measured infrasound at Sapporo associated with an earthquake occurring offshore in southwest Hokkaido on July 12, 1993 // J. Acoust. Soc. Jpn. – 1994. – Vol. 15. – P. 409–411.

**ҚР ҰАО ЖЕЛІСІНІҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША ҚЫТАЙ МЕН ТҮРКИЯДАҒЫ ЕКІ ІРІ ЖЕР
СІЛКІНІСІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ СИПАТТАМАСЫ**

О. В. Рябенко*, В. И. Дубровин

ҚР ҰАО РМК «Геофизикалық зерттеулер институты» филиалы, Курчатов, Қазақстаны

** Байланыс үшін E-mail: Oksy300189@mail.ru*

Аннотация: жұмыста Ұлттық ядролық орталық желісінің сейсмикалық топтарының сейсмикалық мониторингке қатысу тиімділігі тұрғысынан $MW \geq 7$ магнитудасы бар қатты жер сілкіністерін Түркия мен Қытайда (2023 және 2024 ж.ж.) тіркеудің әр түрлі аспектілері қарастырылады. Азимут мәндерінің және сейсмикалық топтар бойынша жүгіру уақытының сәйкессіздігі анықталды. Зерттелетін жер сілкінісі аймақтарынан деректерді өңдеу кезінде әртүрлі станцияларды пайдалану бойынша талдаушыларға ұсыныстар берілді. Осы қатты жер сілкіністерінен сигналдарды анықтау мақсатында инфрадыбыстық станциялардың жазбаларына талдау жасалды. IS31 (Ақтөбе) станциясы бойынша түрік жер сілкіністерінен және Мақаншы станциясы бойынша қытай жер сілкінісінен сигналдар табылды.

Түйін сөздер: қатты жер сілкіністер, сейсмикалық топ, тіркеу, негізгі итеру, жер сілкінісі, азимут, жүгіру уақыты, инфрадыбыстық сигнал.

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF TWO STRONG EARTHQUAKES IN CHINA AND TURKEY
BASED ON NNC RK NETWORK DATA**

O. V. Ryabenko*, V. I. Dubrovin

RSE NNC RK Branch “Institute of Geophysical Research”, Kurchatov, Kazakhstan

** E-mail for contacts: Oksy300189@mail.ru*

The paper deals with various aspects of registration of strong earthquakes with magnitude $Mw \geq 7$ in Turkey and China (2023 and 2024) by seismic arrays of the National Nuclear Center network in terms of view of the efficiency of their participation in seismic monitoring. The uncertainties of values of azimuths and travel times by seismic arrays. Recommendations are given for analysts on the use of different stations in processing data from the areas of the earthquakes under study. The records of infrasound stations were analyzed in order to detect signals from these strong earthquakes. Signals were found on station IS31 (Aktobe) from the Turkish earthquakes and station Makanchi from the Chinese earthquakes.

Keywords: strong earthquakes, seismic array, registration, main shock, aftershock, azimuth, travel time, infrasound signal.