

УДК 550.344

ВЗРЫВЫ БОЕПРИПАСОВ БЛИЗ Г. АРЫС ПО ДАННЫМ КАЗАХСТАНСКОЙ СЕТИ МОНИТОРИНГА

Сейнасинов Н.А., Михайлова Н.Н.

Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Исследован пример регистрации станциями мониторинга Института геофизических исследований взрывов на складах боеприпасов, произошедших 24.06.2019 г. близ г. Арыс на юге Казахстана. Сейсмическими и инфразвуковой станциями удалось проследить хронологию событий более, чем за сутки, параметризовать последовательность из более, чем 30 взрывов. Наибольшая сила взрывов по энергетическим классам составила 7,8. Результаты исследованных записей могут быть использованы при распознавании природы регистрируемых событий.

ВВЕДЕНИЕ

24.06.2019 г. близ г. Арыс прогремели взрывы на складах боеприпасов воинской части (рисунок 1) [1]. Город Арыс находится в 85 км от г. Шымкент с миллионным населением и 168 км от г. Туркестан – столицы Туркестанской области РК. Численность жителей в г. Арыс ~45 тысяч человек.



Рисунок 1. 24 июня 2019 г. в г. Арыс Туркестанской области Республики Казахстан [1]

Как позже напишут в СМИ [1, 2], первые сообщения на пульт противопожарной службы поступили утром в 09:20 по времени г. Нур-Султан о том, что на одном из арсеналов военных сил РК произошло возгорание, повлекшее разрывы части боеприпасов. На место происшествия сначала прибыли восемь единиц пожарной техники и десятки человек личного состава Департамента по чрезвычайным ситуациям области, а затем – порядка 800 военнослужащих Минобороны и 500 человек Национальной гвардии МВД г. Шымкент. Взрывы продолжались несколько часов, сопровождалась пожарами, разрушением до-

мов, дорог (рисунок 2), повреждением высоковольтных линий электропередач, имелось много разлетевшихся снарядов, в том числе неразорвавшихся, в ~7 600 домах выбиты стекла и повреждена кровля. Были погибшие и раненые. Взрывы вызвали также сейсмические сотрясения, аналогичные землетрясениям интенсивностью в 3–4 балла [3]. Подобные чрезвычайные происшествия происходили в данном районе и раньше. Так, 21.03.2009 г. близ г. Арыс произошел взрыв в одном из производственных помещений НПО «Казарсенал». Среди пострадавших и погибших — военные и гражданские лица. 08.11.2015 г. на полигоне близ г. Арыс во время уничтожения отходов. произошел взрыв после детонации взрывчатых веществ, в результате которого погиб 1 человек.



Рисунок 2. Фото разрушений от взрыва снарядов в г. Арыс. Фото сделано 25.06.2019 г.

Станции сети Института геофизических исследований (ИГИ) Министерства энергетики Республики Казахстан [4, 5] позволили в последние десятилетия провести изучение вклада событий взрывной приро-

ды в общую сейсмичность территории Казахстана на примере активных карьеров, разработать различные методы для надежного распознавания природы сейсмических событий и создания отдельных бюллетеней взрывов и землетрясений [6]. Вовлечение в изучение нового класса взрывных источников, в том числе представляющих угрозу для объектов и населенных пунктов Казахстана, остается актуальным для улучшения возможностей геофизического мониторинга безопасности.

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ ВЗРЫВОВ

24.06.2019 г. сеть сейсмических и инфразвуковых станций ИГИ зарегистрировала серию необычных сейсмических событий, начиная с 09:30 по времени г. Нур-Султан. На записях было видно, что события следуют одно за другим через небольшие промежутки времени (рисунок 3), что потребовало к ним особого внимания. Ближайшей к эпицентрам этих событий является сейсмическая группа Каратау [4], расположенная на удалении ~165 км. Конфигурация этой сейсмической группы, состоящей из девяти однокомпонентных и одной трехкомпонентной сейсмических станций, позволяет изучать и локализовать источники даже по одной этой группе. Поэтому, в первую очередь, проведен детальный анализ записей станции Каратау. На рисунке 3 приведена запись за один час после первого взрыва. Видны повторяющиеся четкие записи с очень похожей волновой картиной, свидетельствующей о том, что события происходят в одном и том же месте. Сила событий различна, о чем можно судить по динамическим параметрам записей.

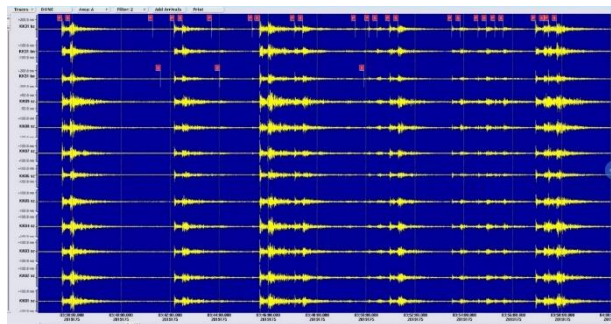


Рисунок 3. Запись сейсмической группой Каратау взрывов в течение примерно одного часа

Самое сильное событие (Рисунок 4) зарегистрировано в 09 часов 37 минут по местному времени (03 часа 37 минут по Гринвичу). По данным KNDC – Казахстанского национального центра данных, – координаты эпицентра этого взрыва: $42,4420^{\circ}$ с. ш., $68,7365^{\circ}$ в. д. Магнитуда $m_{pv}=3,44$. Энергетический класс $K=7,8$. [3].

Анализ расположения эпицентров событий по космоснимкам показал, что место с установленными координатами находится в северной части окраины

города Арыс (рисунок 5). Координаты центральной части огороженной территории военных складов, где произошли взрывы, составляют: широта – $42,46^{\circ}$ с. ш., долгота – $68,79^{\circ}$ в. д.

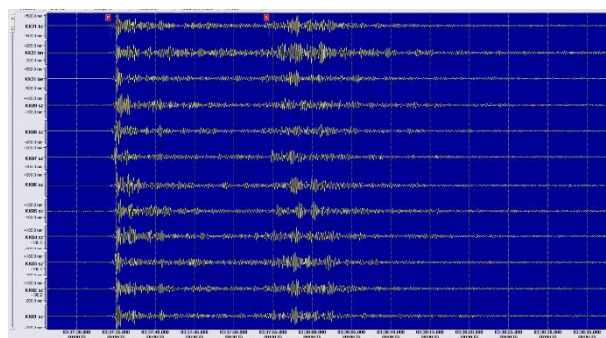
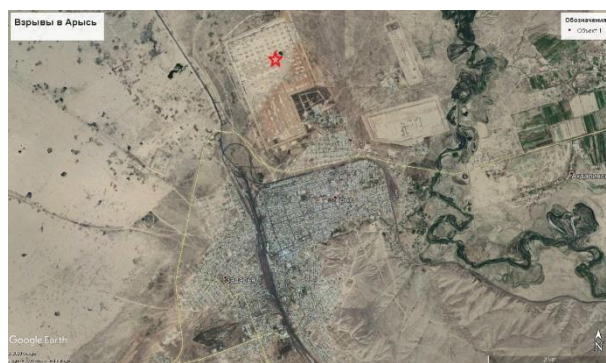


Рисунок 4. Записи сейсмической группой Каратау самого сильного взрыва 24 июня 2019 г. с энергетическим классом 7,8



★ – центральная часть огороженной территории военных складов; темное соседнее пятно – сгоревший участок территории складов

Рисунок 5. Место взрывов на космоснимке

Были проанализированы имеющиеся записи сети станций ИГИ и других сетей. Установлено, что из станций сети ИГИ взрывы регистрировала только ближайшая к ним сейсмогруппа Каратау. Кроме этой сейсмогруппы, ~30% событий регистрировала одна из станций сети Института сейсмологии Кыргызстана – ТКМ2 (Токмак). Наиболее сильный взрыв в 03.37 по GMT зарегистрировали 4 станции: Каратау, ТКМ2 (Токмак) и ААК (Ала-Арча) Института сейсмологии Кыргызстана и СНМ (Чумыш) СОМЭ МОН РК. Сейсмический бюллетень наиболее сильного взрыва представлен на фрагменте сводного сейсмического бюллетеня, составляемого в KNDC, на рисунке 6.

По всем событиям, зарегистрированным только одной сейсмической группой Каратау, с применением частотно-волнового ($F-k$) анализа [7] определено направление от группы на эпицентр событий, которое соответствует району г. Арыс. По азимуту и расстоянию локализованы их эпицентры. Пример результатов анализа для одного из событий приведен на рисунке 7.

Event 19175005 CENTRAL KAZAKHSTAN

Date	Time	Err	RMS	Latitude	Longitude	Sma1	Smin	Az	Depth	Err	Ndef	Nsta	Gap	mdist	Mdist	Qual	Author	OrigID	
2019/06/24	03:37:07.36	0.89	0.81	42.4420	68.7365	10.1	5.2	147	0.0	-1.0	8	0	182	1.46	5.06	a	uk	spec	19175005

Magnitudes

mb	mpv	class
3.72		
3.44		
7.82		

Sta	Dist	FvAz	Phase	Time	Tres	Azim	AzRes	Slow	SRes	Def	SNR	Amp	Per	Qual	mb	mpva	class	ArrID
KK31	1.46	62.6	P	03:37:34.303	-0.1	243.6	-0.2	16.5	0.6	TA	192.3	13.7	0.25	mc	3.48	3.59	7.73	91750323
KK31	1.46	62.6	S	03:37:54.474	0.0	243.4	-0.4	26.2	-2.6	TA	6.8	36.7	0.55	md				91750324
AAK	4.25	85.5	Pg	03:38:24.764	-0.3							2.9	0.70	md	3.52	3.12		91750325
CHM	4.45	80.8	Pg	03:38:28.915	0.1							3.9	0.60	mc	3.76	3.35		91750326
TKM2	5.06	82.3	Pg	03:38:40.995	0.9							12.5	1.15	mc	4.11	3.68		91750327
AAK	4.25	85.5	Lq	03:39:23.856	1.0							2.5	0.80	md			7.21	91750333
CHM	4.45	80.8	Lq	03:39:28.645	-0.7							7.7	0.85	mc			7.90	91750334
TKM2	5.06	82.3	Lq	03:39:47.247	-1.7							4.4	0.40	md			8.44	91750335

Рисунок 6. Фрагмент сводного сейсмического бюллетеня KNDC для наиболее сильного взрыва в Арыси

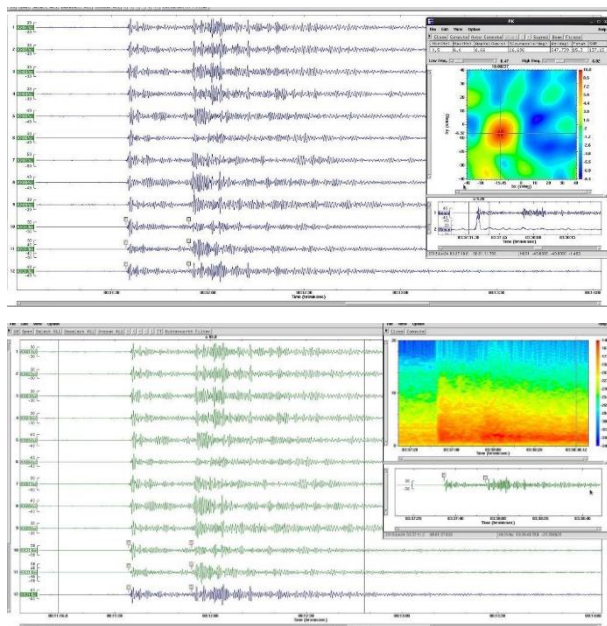


Рисунок 7. Результаты F-k анализа и спектрограммы записей сейсмической группы Каратау (программное обеспечение GEOTOOL, IDC СТ ВТО [7])

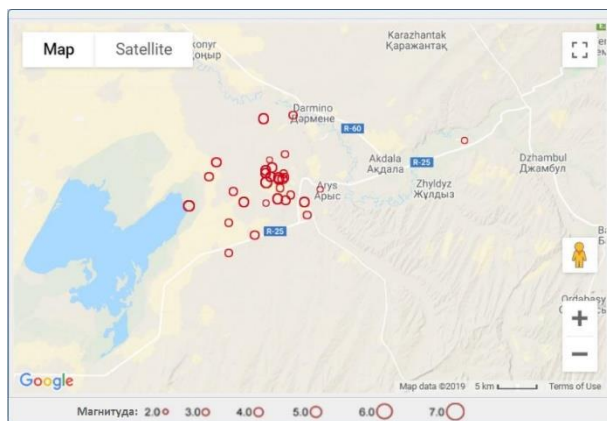


Рисунок 8. Эпицентры событий 24 июня 2019 г. в районе г. Арыс по данным сейсмических станций и KNDC Института геофизических исследований

На рисунке 8 показано расположение эпицентров всех событий за 24.06.2019 г., локализованных по данным, поступающим в KNDC. Всего по данным станций ИГИ удалось зарегистрировать, обработать

и локализовать более 30 взрывов. Почти 90% всех этих взрывов локализовано в радиусе ± 5 км от истинного местоположения эпицентров взрывов.

В нижеследующей таблице приведен фрагмент каталога взрывов на основе сводного бюллетеня KNDC [3]. Полученные данные позволяют проследить хронологию высвобождения энергии в серии произошедших взрывов.

Таблица. Фрагмент каталога взрывов по данным бюллетеня KNDC в районе г. Арыс 24 июня 2019 г.

Дата и время	Широта, ° N	Долгота, ° E	Mb	Mpv	K
24-06-19 3:29:46,68	42,4437	68,6278	3,0	3,03	6,5
24-06-19 3:37:07,36	42,4420	68,7365	3,72	3,44	7,8
24-06-19 3:40:49,41	42,4649	68,7224	2,24	2,35	5,0
24-06-19 3:41:42,03	42,4510	68,7168	3,36	3,46	6,9
24-06-19 3:43:14,72	42,4704	68,7403	2,56	2,69	6,0
24-06-19 3:44:57,75	42,4873	69,0273	2,27	2,57	7,2
24-06-19 3:46:37,54	42,4434	68,7259	3,35	3,45	7,2
24-06-19 3:49:05,87	42,3919	68,6593	2,66	2,69	5,7
24-06-19 3:49:39,80	42,4006	68,7811	2,83	2,95	6,0
24-06-19 3:50:30,90	42,4405	68,7367	3,48	3,32	7,2
24-06-19 3:53:02,19	42,3772	68,6982	3,02	3,06	7,1
24-06-19 3:54:07,33	42,4320	68,7382	2,92	3,03	6,4
24-06-19 3:54:49,01	42,4232	68,7547	2,92	3,03	7,1
24-06-19 3:56:27,62	42,4141	68,6827	3,43	3,49	7,0
24-06-19 3:56:59,60	42,4479	68,7169	3,44	3,53	7,3
24-06-19 4:00:23,84	42,3563	68,6588	2,78	2,78	6,1
24-06-19 4:03:42,43	42,4473	68,7448	2,90	3,02	6,7
24-06-19 4:05:04,84	42,4153	68,7167	2,37	2,45	4,8
24-06-19 4:08:19,76	42,4436	68,7475	2,76	2,88	6,3
24-06-19 4:33:00,26	42,4604	68,6399	3,29	3,34	6,6
24-06-19 4:34:20,37	42,5109	68,7129	3,49	3,62	7,6
24-06-19 4:40:35,06	42,4274	68,6665	2,85	2,90	6,3
24-06-19 4:43:20,01	42,4535	68,7267	3,32	3,15	6,7
24-06-19 4:46:56,98	42,4142	68,7774	3,38	3,23	7,1
24-06-19 4:51:28,82	42,4089	68,5956	3,69	3,07	6,8
24-06-19 4:54:40,42	42,4406	68,7428	3,27	3,12	7,0
24-06-19 5:27:12,34	42,5152	68,7596	2,91	2,77	6,1
24-06-19 5:52:01,14	42,4169	68,7341	3,61	3,44	7,7
24-06-19 6:07:19,29	42,4316	68,8020	2,09	2,25	4,8
24-06-19 6:30:01,03	42,4468	68,7169	3,73	3,26	7,1

Примечание: время в столбце 1 дано по Гринвичу

На рисунке 9 показано изменение во времени энергетического класса взрывов ($K = \lg(E)$, Дж, где E – высвобожденная сейсмическая энергия).

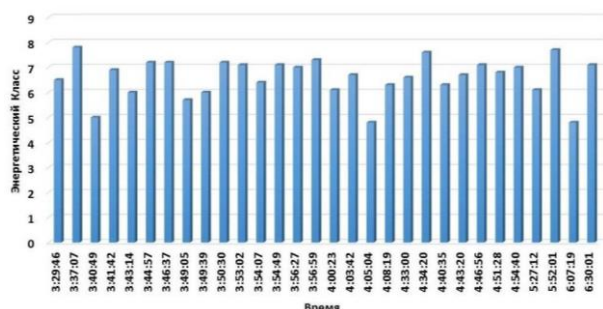


Рисунок 9. Энергетические классы взрывов за первые три часа

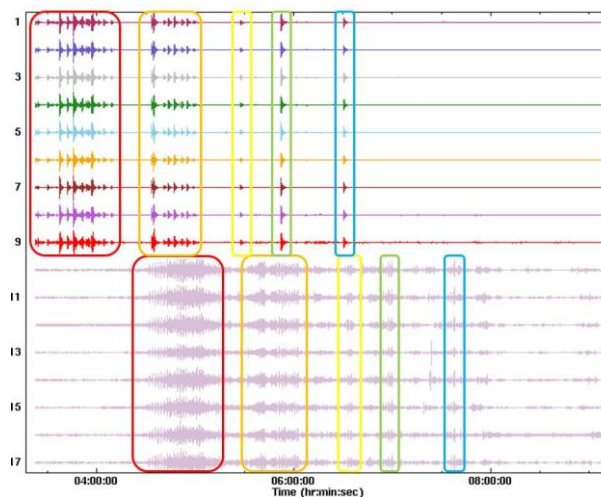
Из рисунка 9 следует, что по высвобожденной сейсмической энергии за первые три часа произошло три примерно равных по силе взрыва ($K \approx 8$). Однако разрушения были вызваны не столько сейсмическими сотрясениями, сколько сильной взрывной волной.

СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ И ИНФРАЗВУКОВЫХ ЗАПИСЕЙ

Природа событий была исследована с помощью комплексирования сейсмических и акустических данных. В этой связи дополнительно к записям сейсмических станций изучены записи инфразвуковых групп. В записях группы IS31-Актюбинск [5], расположенной в западном Казахстане на расстоянии ~1207 км от эпицентра взрывов, также были обнаружены сигналы с азимутом прихода, совпадающим с азимутом на г. Арыс. На рисунке 10 приведен пример волновых форм сейсмических сигналов от взрывов по сейсмической группе Каратау (верхние девять трасс), и по инфразвуковой группе IS31-Актюбинск (нижние девять трасс). Обработка данных проведена с использованием метода и программного обеспечения РМСС (метод прогрессивной многоканальной корреляции) [8].

Из рисунка 10 следует, что станции зарегистрировали по пять групп событий, хронология которых совпадает для обеих технологий: сейсмической и инфразвуковой. Задержка в 66 минут между записями сейсмической и инфразвуковой станций объясняется

тем, что инфразвуковой сигнал распространяется значительно медленнее, (фазовая скорость для стратосферных фаз составляет около 0,3 км/с). То, что хронология записей совпадает, доказывает, что эти инфразвуковые и сейсмические сигналы зарегистрированы от одних и тех же событий. Кроме того, это свидетельствует о том, что зарегистрированы сигналы от источников на поверхности Земли. Эти сигналы связаны со взрывами боеприпасов на складах близ г. Арыс.



одним цветом выделены сигналы от одних и тех же групп взрывов, пришедшие на станции (сначала на сейсмическую, затем, с опозданием ~66 минут, на инфразвуковую)

Рисунок 10. Волновые формы сейсмических сигналов от взрывов по данным сейсмической группы Каратау (верхние девять трасс) и инфразвуковой группы IS31-Актюбинск (нижние девять трасс)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые изучены записи серии взрывов боеприпасов, зарегистрированных одновременно сейсмическими и инфразвуковой станциями, входящими в сеть мониторинга Института геофизических исследований. Успешно зарегистрированы и в Центре данных оперативно обработаны ~30 взрывов. Определены местоположение, хронология, энергия зарегистрированных событий. Полученные записи в будущем могут быть использованы как эталонные при распознавании природы регистрируемых событий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Взрыв на складе боеприпасов [Электронный ресурс]: <https://24.kz/ru/news/social/item/324032-vzryv-na-sklade-s-boeprapasami-v-arysi-khronika-sobytij>
2. Город разорвавшихся зарядов. Арысь – сегодня [Электронный ресурс]: <https://rus.azattyq.org/a/kazakhstan-arys-after-blast/30020099.html>
3. Интерактивный бюллетень взрывов [Электронный ресурс]: https://www.kndc.kz/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=106&lang=ru Вход свободный.
4. Михайлова, Н.Н. Важные результаты, полученные благодаря открытию сейсмических групп в Казахстан / Н.Н. Михайлова // Вестник НЯЦ РК. – 2016. – Вып. 2. – С. 23–31.
5. Михайлова, Н.Н. Вклад казахстанских станций международной системы в глобальный и региональный мониторинг / Н.Н. Михайлова, А.С. Мукамбаев, А.А. Смирнов // Вестник НЯЦ РК. – 2019. – Вып. 2. – С. 12–20.
6. Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н. Сейсмичность взрывных работ на территории Республики Казахстан / А.С. Мукамбаев, Н.Н. Михайлова // Вестник НЯЦ РК. – 2017. – Вып. 4. – С. 12–20.

7. Geotool Software User Guide [Электронный ресурс] https://www.ctbto.org/fileadmin/user_upload/procurement/2016/RFQ2016-0139-GEOTOOL_SOFTWARE_USER_GUIDE.pdf
8. Cansi, Y. An automatic seismic event processing for detection and location: The P.M.C.C. method / Y. Cansi // Geophys Res. Lett – vol. 22, issue 9/ – P. 1021–1024: <https://doi.org/10.1029/95GL00468>

АРЫС Қ. ЖАНЫНДАҒЫ ОҚ-ДӘРІ ЖАРЫЛЫСЫ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ МОНИТОРИНГ ЖЕЛІСІНІҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША

Н.А. Сейнасинов, Н.Н. Михайлова

Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Қазақстанның оңтүстігінде Арыс қ. жанында 2019.04.24-інде болған оқ-дәрілер қоймаларындағы жарылыстарды Геофизикалық зерттеу институтының мониторинг станцияларының тіркеу үлгісі зерттелді. Сейсмикалық және инфрадыбыстық станциялар бір тәуліктен астам жарылыс хронологиясын бақылап, 30-дан астам жарылыстың жүйелілігін параметрлеу мүмкіндігіне ие болды. Энергетикалық кластар бойынша жарылыстардың ең көп күші 7,8 құрады. Жарылыстар жазбаларын зерттеу нәтижелері тіркелетін оқиғалардың табиғатын тану кезінде пайдаланылуы мүмкін.

AMMUNITION EXPLOSIONS NEAR ARYS TOWN BASED ON DATA FROM KAZAKHSTANI MONITORING NETWORK

N.A. Seynasinov, N.N. Mikhailova

Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan

The paper researched an example of a recording of the explosions at the ammunition storage facility by the monitoring stations of the Institute of Geophysical Research, which took place on 24.06.2019 near Arys town to the south of Kazakhstan. Seismic and infrasound station managed to trace the chronology of the explosions for more than 24 hours, to parameterize the sequence from more than 30 explosions. The strongest yield of the explosions based on energy class is 7,8. The results of the research of explosions' recordings can be used during identification of the nature of the recorded events.