

УДК 550.34

ИСТОРИЧЕСКИЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ ЗАПИСИ ВЗРЫВОВ, ПРОВЕДЕННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СЕЛЕЗАЩИТНОЙ ПЛОТИНЫ В МЕДЕО

Соколова И.Н.

Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Рассмотрены характеристики взрывов в Медео (21 октября 1966 г., 14 апреля 1967 г. и 20 ноября 1973 г.), проведенных для строительства плотины, сведения о макросейсмических проявлениях этих взрывов в г. Алматы, а также сейсмический эффект в сравнении с мощными промышленными и исследовательскими взрывами при строительстве дамб в Центральной Азии. Описаны годограф основных региональных фаз для близких и региональных расстояний, построенный на основе исторических архивных сейсмограмм, а также сводный годограф для района Северного Тянь-Шаня вблизи г. Алматы. Проведено сравнение с годографом, построенным по записям мощного Камбаратинского взрыва 22 декабря 2009 г. в Кыргызстане. Полученные результаты могут быть использованы для улучшения локализации сейсмических событий и для моделирования системы раннего предупреждения в г. Алматы.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых опасных природных явлений по количеству разрушений и жертв в предгорных территориях г. Алматы (Алма-Ата) и Алматинской области являются селевые потоки. За последние 100 лет в г. Алматы сошли 4 катастрофических селя: 8–9 июля 1921 г. (рисунок 1-а) с объемом выноса из рек Малая и Большая Алматинка 7,0–10 млн. м³; 7 июля 1963 г. на оз. Иссык с объемом 7 млн. м³, 15 июля 1973 г. на р. Малая Алматинка [1], 3–4 августа 1977 г. на р. Большая Алматинка.

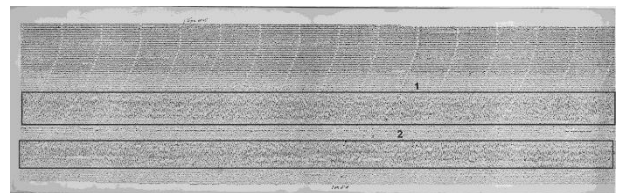
Селевые потоки в предгорьях Заилийского Алатау внезапны и часто характеризуются катастрофическими последствиями — громадным материальным ущербом, нередко жертвами. Так, 8–9 июля 1921 г. селевые потоки заполнили практически все реки Заилийского Алатау. Самые мощные сели отмечены на реках Малая и Большая Алматинка, Талгар, Иссык [2]. очевидцы селя 8–9 июля 1921 г. свидетельствовали: «...Рев воды, гул перекатываемых камней, треск разрушаемых зданий, грохот сдираемых железных крыш, огромные искры, вероятно, от сталкивающихся камней, еще издали предупреждали о приближении селя. И вот лавина, состоящая из воды, грязи, гальки, огромных валунов, стволов деревьев и обломков разрушенных зданий, ринулась на город, снося попадавшие на ее пути постройки... Затем волны высотой до шести метров начали регулярно повторяться через промежутки от полминуты до минуты, и число их насчитывалось до восьмидесяти. По улицам города плыли целые дома, и крики о помощи уносимых водой людей придавали жуткость картине всеобщего разрушения...» [2]. В течение пяти часов значительная часть Алма-Аты была превращена в руины и залита грязекаменной массой. Погибли более 500 человек [2].

Другой селя, из верховьев реки Иссык (гора Жарсай), 7 июля 1963 г. разрушил естественную плотину в западной части озера Иссык, опустошив водоём [2]. Селевой поток унес около тысячи жизней и стал при-

чиной значительных разрушений в городе Иссык. Река Иссык в результате схода селевого потока изменила русло. Иссыкский селя 1963 г. был одним из самых крупных и разрушительных селевых потоков на территории СССР. Два эпизода схода селя: в 6 и 9 час GMT, — зарегистрированы станцией Талгар, расположенной на расстоянии ~ 20 км (рисунок 1-б).



а)



б)

Рисунок 1. К свидетельствам мощных селей: (а) улица Карла Маркса (ныне Д. Кунаева) после селя 1921 г. [2]; (б) сейсмическая запись селя 07.07.1963 станцией TLG на расстоянии ~20 км

Для защиты г. Алматы от селевых потоков в 1960 г. был разработан проект набросной плотины в ущелье реки Малая Алматинка с помощью направ-

ленных взрывов. Однако его исполнение задержалось на несколько лет из-за проблем, связанных с обеспечением безопасности взрывов для города и населения. Решение о необходимости осуществления проекта [2] было принято Экспертной комиссией президиума Академии наук СССР в 1966 г., а в 1966 и 1967 гг. серии взрывов для строительства плотины были осуществлены. Учитывая уникальность взрывов, Институт физики Земли АН СССР провел научные исследования и обобщил полученный опыт для его применения при аналогичных взрывах для строительства плотин. Было установлено большое количество сейсмометров, получены записи, которые могут быть использованы в различных задачах сейсмологии: исследование сейсмического эффекта крупномасштабных взрывов, построение локальных и региональных географов, изучение строения литосферы и др.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗРЫВОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛОТИНЫ В МЕДЕО

Для создания селезащитной плотины в урочище Медео проведено 2 серии взрывов (рисунки 2 [4], 4 [5] и 5).

Первая серия взрывов (правобережная) проведена 21 октября 1966 г. (таблица 1, [4]). Она состояла из нескольких зарядов, подрыв которых производился с замедлением 3,56 с. В первую очередь были взорваны заряды общим весом 1689 т, заложенные в 4 камерах. Затем был подорван основной заряд весом 3604 т [4].

Вторая серия взрывов (левобережная) проведена 14 апреля 1967 г. (таблица 1, [3]) и состояла из 2-х очередей подрывов зарядом, суммарный вес которых составил 3940 т. Сначала одновременно были подорваны камеры 2, 3, 4 первого ряда (рисунок 2) с общим зарядом 779 т, затем через 15 мс подорваны камеры 1 и 5 первого ряда с общим зарядом 338 т. Через 2 с взорваны камеры 6–10 второго ряда с суммарным зарядом 2825 т. [4].

Разновременность подрыва зарядов при правобережном и левобережном взрывах была введена с целью создания лучшей направленности действия взрыва и для снижения сейсмического эффекта. Расход взрывчатых веществ на один кубический метр породы, уложенной в тело плотины, составил 3,6 кг/м³ [4].

Таблица 1. Основные параметры зарядов и интервалы замедлений взрывов в Медео [4]

Правобережные взрывы										
Номер заряда	1	2	3	4	5					
Вес заряда (т)	3604	439	480	275	495					
ЛНС (м)		48	53	48	58					
Интервал замедления (с)	3,6	0	0	0	0,2					
Левобережные взрывы										
Номер заряда	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вес заряда (т)	175	371	205	208	162	440	445	745	845	350
ЛНС (м)	36	46	41	38	34					
Интервал замедления (с)	0,15	0	0	0	0,15	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Примечание: ЛНР – линия наименьшего сопротивления.

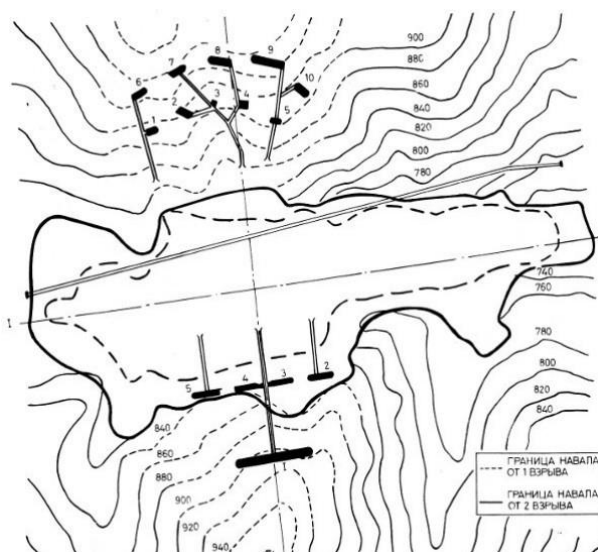


Рисунок 2. План расположения зарядов и контуры развала породы после взрывов в Медео [4]

На рисунке 3 приведены сейсмограммы взрывов 21 октября 1966 г. и 14 апреля 1967 г., зарегистрированные сейсмической станцией Талгар на удалении ~17 км. На сейсмограммах четко выделяются времена вступлений от первой и второй очередей взрывов. Можно видеть, что несмотря на то, что левобережный взрыв был значительно мощнее правобережного, его сейсмический эффект больше.

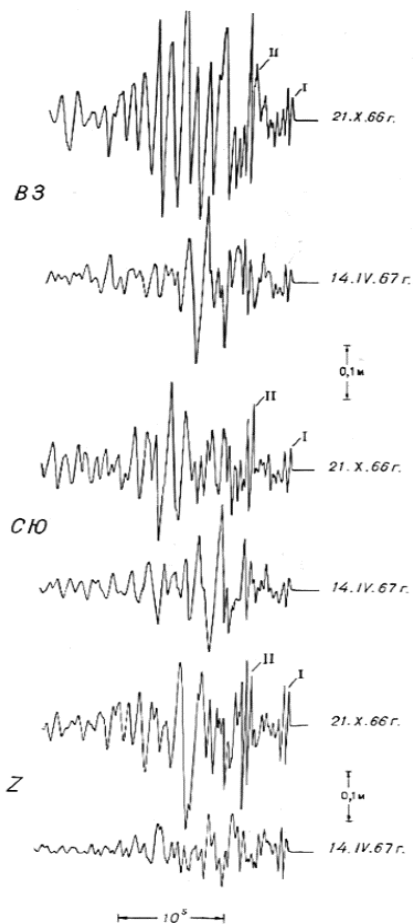


Рисунок 3. Сейсмограммы взрывов 21 октября 1966 г. и 14 апреля 1967 г. в Медео. Станция Талгар (из архива КСЭ ИФЗ АН СССР)

Средняя высота навала породы в створе плотины составила 90 м при ширине по основанию 500 м. В тело плотины брошено более 6 млн. тонн раздроб-

ленной породы. В результате взрыва часть раздробленной породы осталась на склонах. Этот материал был использован для доведения плотины до проектных размеров. Каменно-набросная плотина высотой 107 м образовала селехранилище емкостью 6,2 млн. кубометров и была сдана в эксплуатацию в 1972 г.

15–16 июля 1973 г. плотина задержала сель объемом более 4 млн. м³ [1]. Однако сель, прошедший в 1973 г., заполнил селехранилище на две трети его объема, и поэтому емкость селехранилища была увеличена до 12,6 миллионов кубометров. В течение 1972–1976 гг., с целью наращивания тела плотины, вблизи нее было проведено большое количество относительно слабых взрывов. В настоящее время высота плотины составляет 144 м, длина по гребню – 530 м, ширина по основанию – 800 м. Согласно подсчетам, плотина сможет выдержать поток грязекаменной массы, втрое превышающий объем селя 1973 г.

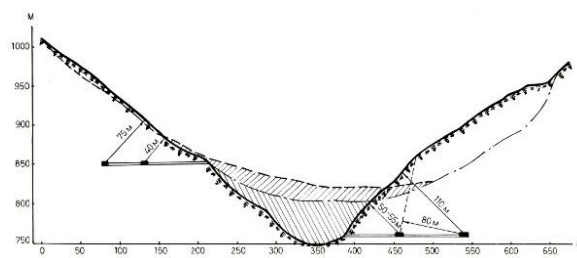


Рисунок 4. Поперечный разрез ущелья по оси плотины до и после взрыва [5]



Рисунок 5. Космоснимок селезащитной плотины и эпицентры взрывов 21 октября 1966 г., 14 апреля 1967 г. и 20 ноября 1973 г. [Великанов А.Е.]

Таблица 2. Параметры взрывов для создания плотин

Название взрыва	Дата	Время	Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	mb	Мощность заряда, т	Кол-во зарядов
Медео	21.10.1966	04:59:59,1	43,1512	77,0665	5,2	1689	4
Медео	21.10.1966	05:00:02,7	43,1513	77,0676	5,3	3604	1
Медео	14.04.1967	05:00:08,6	43,1514	77,0589	5,0	1121	5
Медео	14.04.1967	05:00:10,8	43,1514	77,0582	5,0	2825	5
Медео	20.11.1973	05:00:21,5	43,1467	77,0575		200	
Бурлыкя	08.02.1975	06:59:59,3	41,52	73,14	4,2	702	5
Учтерек	11.06.1989	06:59:48,4	41,644	73,289	4,9	1623	2
Камбарата	22.12.2009	05:54:33,6	41,7747	73,3312	4,4	2860	2

Примечание: координаты взрывов определены по космоснимкам высокого разрешения [А.Е. Великанов], в отличие от [3], где они даны в 1966 г. по карте.

В период проведения завершающих работ по наращиванию тела плотины, в течение 1972–1976 гг., Комплексной сейсмологической экспедицией Института Физики Земли АН СССР (КСЭ ИФЗ АН СССР) была создана сеть из 8 высокочувствительных радиотелеметрических станций вблизи Алматы. Часть сейсмодатчиков размещалась в глубоких скважинах [6], что позволило снизить уровень сейсмических шумов большого города. За период 1972–1976 гг. станциями радиотелеметрической сети (РТС) было зарегистрировано 211 взрывов, не считая взрывов, записанных только одной станцией Озеро, ближайшей к станции Медео [6]. Условия проведения взрывов в районе Медео были разнообразными – на относительно большой площади, в шурфах, скважинах, карьерах. Минимальные заряды, зарегистрированные станциями РТС, составили 0,3–0,5 т. Преобладающие энергетические классы К зарегистрированных событий составляли 5–8 по станции Талгар [6]. Самым сильным (рисунок 4, таблица 2) из зарегистрированных был взрыв 23 ноября 1973 г. ($K=10,8$, мощность ~ 200 т [6]).

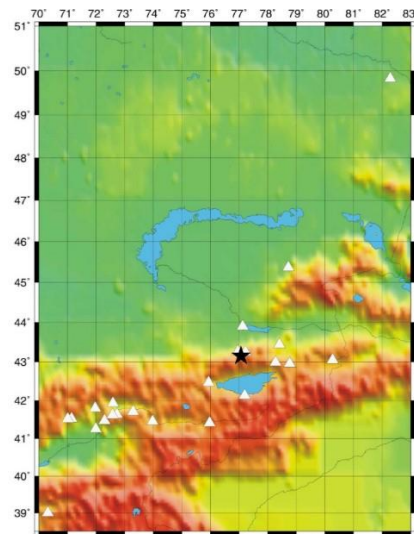
СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ВЗРЫВОВ В МЕДЕО И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для проведения научных исследований ИФЗ АН СССР во время проведения взрывов в Медео установил 12 киноаппаратов и аэрофотоаппаратов, 2 самописца давления СД-725 на удалениях 1,2 и 2,5 км (для измерения параметров воздушной ударной волны), около 100 сейсмометров на удалениях 1,1–300 км (рисунок 6) [3] (для изучения сейсмического эффекта, оценки размеров сейсмоопасной зоны и выявления закономерности изменения балльности с расстоянием).

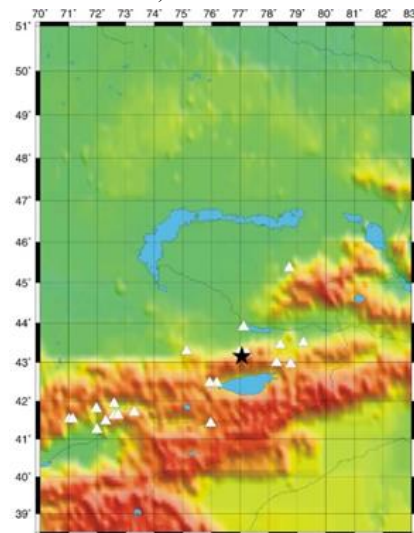
Для проведения данных исследований из архива исторических сейсмограмм КСЭ ИФЗ АН СССР были отобраны и оцифрованы сейсмические записи временных и стационарных сейсмических станций, зарегистрировавших взрывы для строительства плотины Медео. Пример оцифрованных записей взрывов 21.10.1966 г. и 14.04.1967 г. приведен на рисунке 7.

По результатам наблюдений воздушная волна взрыва 21.10.1966 г. в пунктах наблюдения «Х лет Казахстана» (удаление 1,2 км) и ПУА (удаление 2,5 км) практически полностью отсутствовала [3]. Однако инфразвуковой сигнал зарегистрирован на записях микробарографа, установленного на территории обсерватории Талгар на удалении 16,7 км (рисунок 8), время пробега акустической волны составило ~ 50 с.

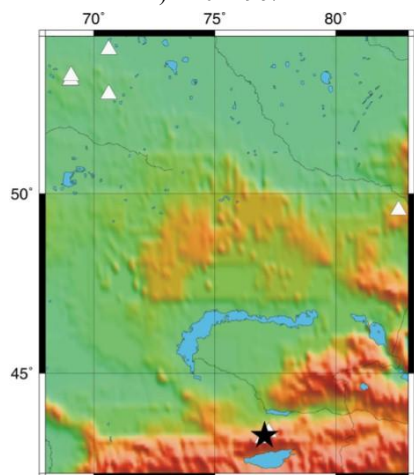
Были проведены макросейсмические исследования. Значения интенсивности сейсмического воздействия в различных пунктах при проведении первой очереди взрывов 1966 г. [3] приведены в таблице 3.



а) 21.10.1966



б) 14.04.1967



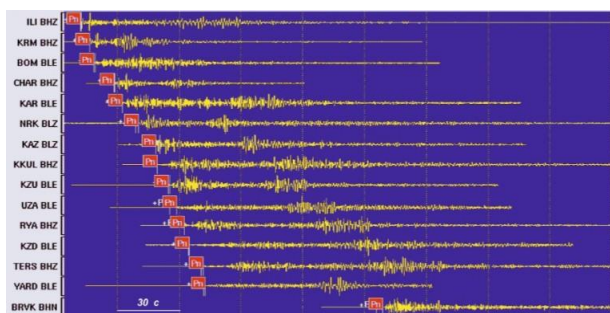
в) 20.11.1973

★ – эпицентр взрыва; △ – сейсмическая станция

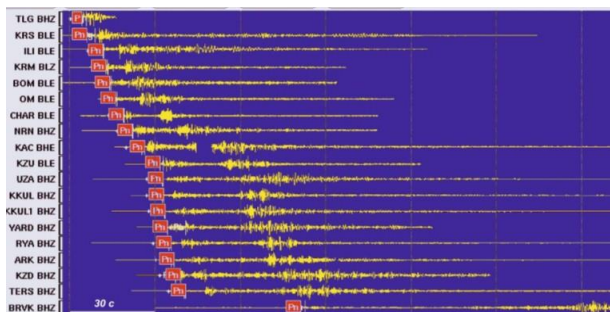
Рисунок 6. Расположение эпицентра взрывов и сейсмических станций, записи которых использованы для построения годографа

Таблица 3. Интенсивность сейсмического воздействия в различных пунктах наблюдений [3]

Пункт	Расстояние, км	Скорость, см/с	Баллы по инструментальным данным	Баллы по макро-сейсмическим данным
Медео	1,1	17	8	7
Горельник	1,7	3,2	6	6
Дом отдыха «Просвещенец»	1,8	6	6	5, 6
Минная станция	2,2	4,5	6	6
Дом отдыха № 2 Совета Министров	4,9	2,5	5	5
Астрономическая обсерватория	7,5	4,6	6	5
Достык, 103	10,5	0,26	2	3
Достык, 89	12,5	0,29	2	
Сейсмостанция Алма-Ата	15,3	1,35	4	4-5
Угол улиц Гоголя – Абылай-хана	15,2	0,6	3	
Микрорайон № 6	19	0,26	2	
Аксай	23,2	0,37	2	
Талгар	16,7	0,21	2	



а) взрыв 21.10.1966 г.



б) взрыв 14.04.1967 г.

Рисунок 7. Оцифрованные сейсмограммы взрыва в Медео (Z-компоненты или компоненты В–З, если Z-компоненты сейсмограмм не подлежали оцифровке)

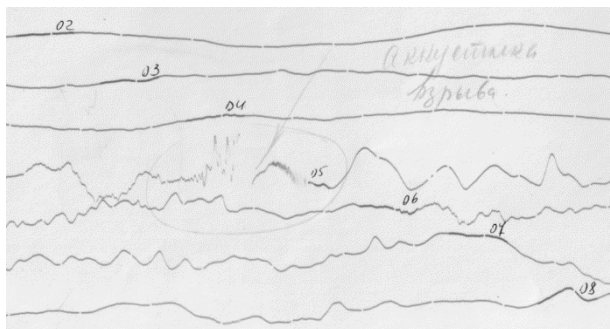


Рисунок 8. Фрагмент записи микробарографа TLG с акустическим сигналом взрыва в Медео 21.10.1966 г.

ГОДОГРАФ ПО ВЗРЫВАМ В МЕДЕО

При определении положения гипоцентра сейсмического события широко используется годограф сейсмических волн IASPEI91 (International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior) [8]. Однако анализ результатов рутинной обработки записей событий из района Северного Тянь-Шаня показал различие наблюдаемых времен вступления основных региональных фаз по сравнению с расчетными временами вступления, полученными с использованием модели IASPEI91. Выявлены относительно большие эллипсы ошибок событий и плохое определение глубины. В связи с этим актуальной является задача анализа существующих и построения новых годографов, учитывающих специфику геологического строения региона и обеспечивающих возможность более точного определения основных параметров гипоцентров событий – землетрясений и взрывов.

Для рассматриваемого района существует несколько скоростных сейсмических моделей:

1. Скоростная модель земной коры и верхней мантии Тянь-Шаня до глубин 200 км [Сабитова Т.М., Адамова А.А.], рассчитанная методами сейсмотомографии. Для создания модели использованы времена пробега P- и S-волн от 1977 региональных землетрясений, 3579 телесеизмических землетрясений и от 27 ядерных взрывов. Модель построена для района, ограниченного координатами 39–43°с.ш., 69–80°в.д. [9]. Скоростная модель Сабитовой Т.М. широко используется для локализации событий на территории Кыргызстана и ее близлежащего окружения (юго-восток Казахстана и северо-запад Китая). Для построения скоростной модели использованы данные только трех сейсмических станций на территории Казахстана: Хантау, Талгар и Подгорное [10]. Детально скоростную модель удалось построить для района южнее 43°с.ш., а для района г. Алматы и Алматинской области скоростная модель не разрабатывалась.

2. Годограф Е.А Розовой. Этот годограф создан в 1936 г. для территории Северного Тянь-Шаня с ис-

пользованием волн P^* , S^* , S для эпицентральных расстояний до 800 км и средних глубин 10–15 км.

3. Годограф И.В. Горбуновой построен для Северного Тянь-Шаня для глубин 10 км с использованием P и S -волн. Годограф использовался для определения координат эпицентра событий Институтом сейсмологии и СОМЭ МОН РК до 1980 г. [11]).

4. Скоростная модель казахстанского Института сейсмологии построена на основе ретроспективных фондовых и опубликованных материалов по системе профилей глубинных сейсмических зондирований [12]. По результатам обобщения материалов региональных сейсмических зондирований земной коры (ГСЗ, ГСЗ-МОВЗ, КМПВ, профильная томография) В.И. Шацкиным проведено районирование территории Казахстана. Эти модели используются для определения координат эпицентра события в СОМЭ МОН РК с 1980 г. [11].

5. Годограф КСЭ ИФЗ АН СССР построен в результате исследований Нерсесова И.Л. и Раутиан Т.Г. по так называемому Большому профилю «Памир – р. Лена» общей протяженностью ~3500 км, пересекающему сейсмоактивные области Средней Азии, Казахстана, Алтая, Саян и Прибайкалья. Используются данные 54 станций, расположенных на профиле с интервалом 70–120 км. Для повышения точности определения эпицентра событий в районах Средней Азии привлекались наблюдения стационарной сети сейсмических станций. Годограф для эпицентральных расстояний до 3500 км построен КСЭ ИФЗ АН СССР [13].

6. Годограф Михайловой Н.Н. и др. [14] построен для территории Центрального Казахстана при эпицентральных расстояниях 0–1500 км и глубины 0 км для основных региональных фаз P , P_n , P_g , S_n , S , L_g . Используются данные калибровочных химических взрывов, произведенных на территории Семипалатинского испытательного полигона (1997–2002 гг.), а также ядерных взрывов, произведенных на территории Семипалатинского испытательного полигона (1964–1975 гг.). На основе годографа с глубиной 0 км рассчитаны скоростные модели для разных глубин. Этот годограф широко применяется в практике создания сейсмического бюллетеня событий из районов Центрального и Восточного Казахстана в Центре данных Института геофизических исследований.

В настоящее время для исследуемого района Северного Тянь Тянь-Шаня имеется возможность уточнить скоростные модели и годографы по дополнительной новой информации. Это, прежде всего, данные по большому количеству эталонных взрывов, которые ранее не были использованы при создании скоростных моделей. Учитывая, что взрывы в Медео имеют хорошо задокументированные параметры и зарегистрированы большим количеством сейсмических станций, целесообразно, используя исторические аналоговые сейсмограммы, построить годограф основных сейсмических фаз на этой основе. Имеется

также большое число цифровых записей взрывов в карьере Котур-Булак близ Алматы, зарегистрированных на близких и региональных расстояниях сейсмическими станциями различных организаций.

Для построения годографов сейсмических волн от взрывов в Медео были отобраны архивные записи станций с хорошо определенными координатами. По первой серии взрывов 1966 г. замеры параметров записей проведены для 22 станций с эпицентральными расстояниями от 7,6 км (Обсерватория) до 842 км (Усть-Каменогорск), на которых были установлены сейсмометры СКМ и СКД; по серии взрывов 1967 г. замеры проведены для 21 станции с эпицентральными расстояниями от 0,8 км (Горельник) до 529 км (Яродар), на которых также были установлены сейсмометры СКМ и СКД; по взрывам 1973 г. замеры проведены для 8 станций с эпицентральными расстояниями от 10,2 км (ст. Озеро) до 1261 км (Чкалово) – (рисунок 6), на которых были установлены сейсмометры СКМ, РВЗТ и КСЭ. На рисунке 9 приведено распределение эпицентральных расстояний взрывов в Медео для станций, по которым проведены замеры основных параметров записей сейсмических волн P , P_g , P_n , S , L_g . На большинстве станций для сейсмограмм использовалась развертка 120 мм/мин, для станций Талгар и Алма-Ата – 240 мм/мин. При взрывах 1966 и 1967 гг. из-за того, что они не были одиночными, а подрывались с замедлением, замеры были осложнены тем, что на большинстве сейсмограмм удавалось выделить два вступления P , соответствующие подрыву первой и второй группы зарядов (рисунок 3). К сожалению, фазу S удалось выделить только для 1-го подрыва.

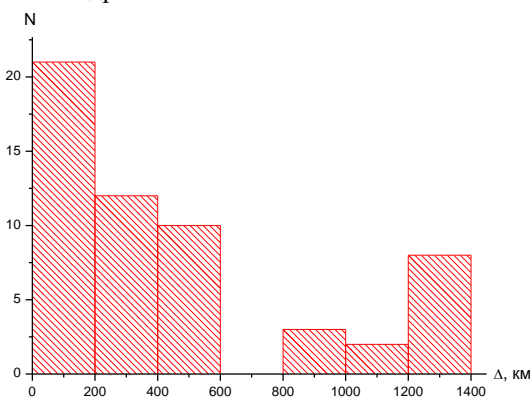


Рисунок 9. Распределение эпицентральных расстояний взрывов в Медео

Годограф, построенный по результатам регистрации взрывов в Медео для волн P_n , S , L_g , приведен на рисунке 10.

Годографы основных региональных типов волн строились с использованием линейного регрессионного анализа данных. Времена пробега основных региональных сейсмических фаз в зависимости от эпицентрального расстояния представлены уравнениями (таблица 4).

Таблица 4. Уравнения времен пробега основных типов сейсмических волн для взрывов Медео

Фаза	Расстояние, км	Время пробега	Скорость, км/с
P	10–250	$0,268+0,1649\Delta$	6,06
Pn	250–1400	$13,004+0,117\Delta$	8,52
S	10–250	$1,181+0,280\Delta$	3,57
Lg	250–1400	$7,071+0,272\Delta$	3,67

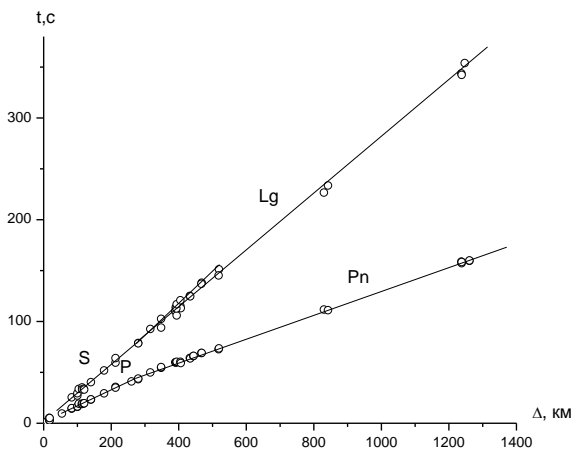


Рисунок 10. Годограф волн Pn, S, Lg по результатам регистрации взрывов в Медео

Из рисунка 10 видно, что некоторые расстояния обеспечены информацией о временах пробега недостаточно представительно, кроме того, не удалось построить годограф волн P_g и S_n. Для дополнения годографов использованы данные других эталонных взрывов, произведенных в районе Северного Тянь-Шаня, – в карьере Котур-Булак вблизи г. Алматы.

ГОДОГРАФ ПО ВЗРЫВАМ В КАРЬЕРЕ КОТУР-БУЛАК

Карьер Котур-Булак (рисунок 11) работает с 2003 г., имеет координаты 43,2711°с.ш. и 77,1057°в.д., рядом с ним на расстоянии 4,6 км находится сейсмическая станция Котур-Булак СОМЭ МОН РК. Карьер компактный по размеру, взрывы достаточно мощные, записываются большим количеством станций на расстоянии до 844 км (станция Курчатов). Для задачи построения годографа были отобраны взрывы, зарегистрированные станцией Котур-Булак и большим количеством других станций (рисунок 11). Примеры сейсмограмм котур-булакского взрыва 28 июля 2012 г. ($t_0=8-40-16,1$, $m_{rv}=3,2$, $K=7,2$) приведены на рисунке 12-а – записи станции KNDC (Алматы) на расстоянии 9,3 км и на рисунке 12-б – записи других станций Института геофизических исследований.

Всего для построения годографа были обработаны записи 66 котур-булакских взрывов за 2003–2016 гг., сделано 1641 замеров по 39 сейсмическим станциям (рисунок 11). Диапазон энергетических классов $K=4,7\div 7,8$, $m_{rv}=2,3\div 3,8$, диапазон эпицентральных расстояний $\Delta=4,6\div 844$ км (рисунок 13).

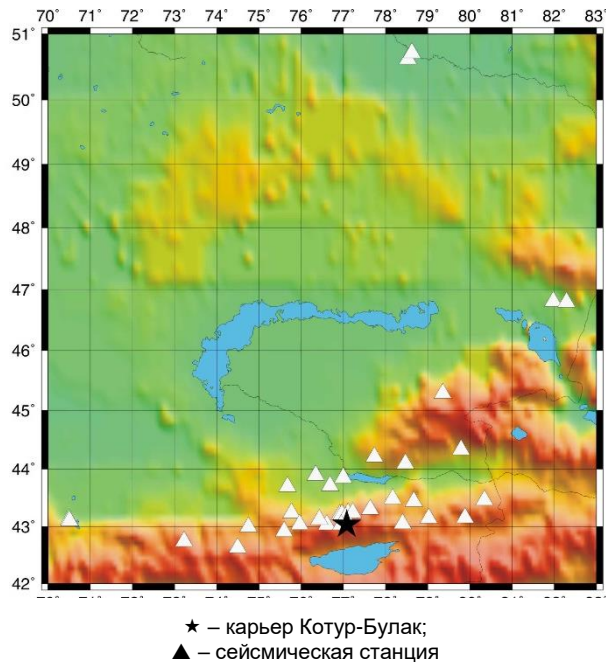
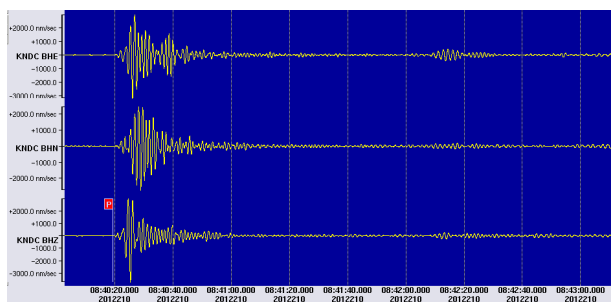
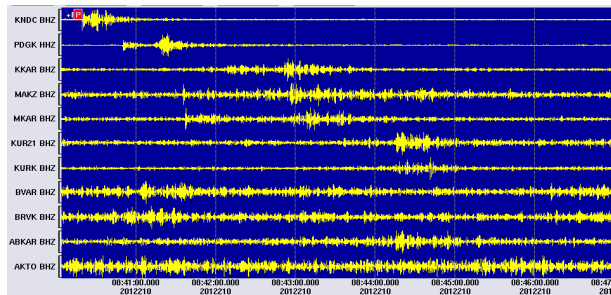


Рисунок 11. Расположение карьера и сейсмических станций, записи которых использованы для построения годографа



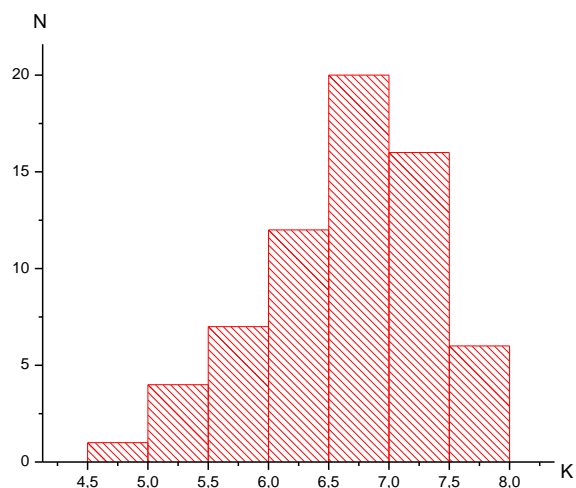
а) станция KNDC, фильтр 0,6 Гц



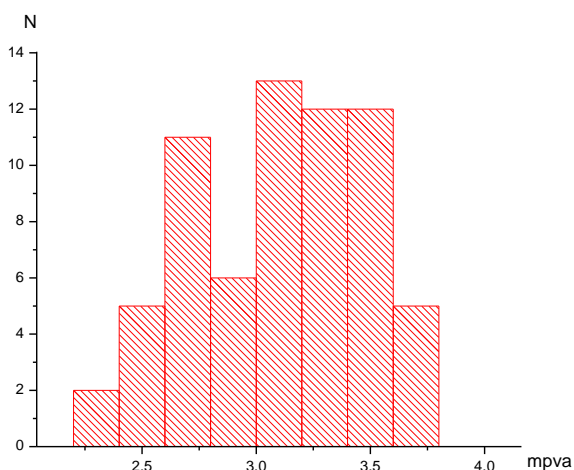
б) станции сети ИГИ МЭ РК

Рисунок 12. Сейсмограммы взрыва Котур-Булак 28 июля 2012 г. ($t_0=8-40-16,1$, $m_{rv}=3,2$, $K=7,2$) (Z-компонента)

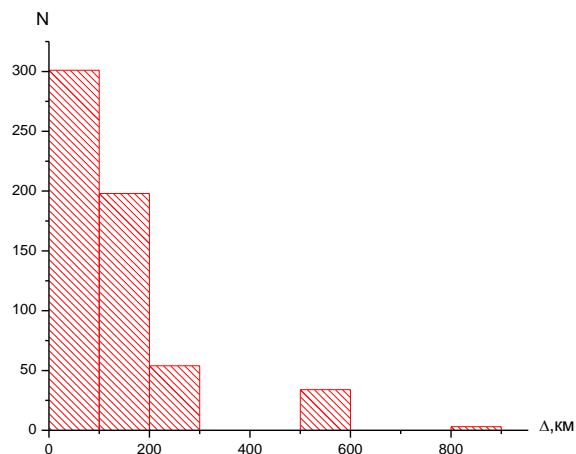
Времена пробега основных региональных сейсмических фаз в зависимости от эпицентрального расстояния для котур-булакских взрывов представлены уравнениями (таблица 5). Годограф сейсмических волн от взрывов Котур-Булак приведен на рисунке 14.



а) по энергетическому классу K



б) по magnitude mрva



в) по расстоянию

Рисунок 13. Распределения для взрывов Котур-Булак

Таблица 5. Уравнения времен пробега основных типов сейсмических волн для взрывов Котур-Булак

Фаза	Расстояние, км	Уравнение	Скорость
P	10–250	$0,764+0,162*\Delta$	6,19
Pn	250–850	$13,456+0,114*\Delta$	8,76
Pg	250–850	$-1,999+0,168*\Delta$	5,96
S	10–250	$2,056+0,278*\Delta$	3,59
Lg	250–850	$0,154+0,281*\Delta$	3,56

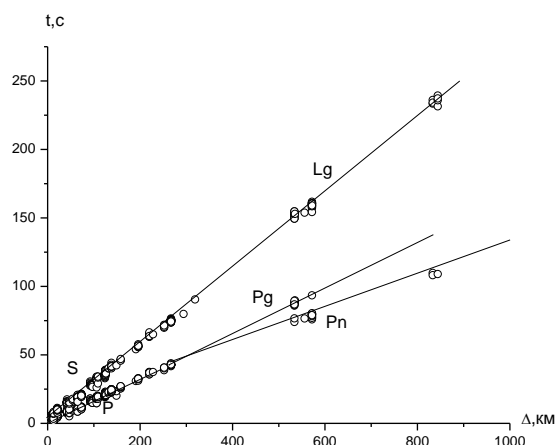


Рисунок 14. Годограф по результатам регистрации взрывов Котур-Булак

ГОДОГРАФ ПО ВЗРЫВАМ БУРЛЫКИЯ И УЧТЕРЕК

Взрывы Бурлыкья и Учтерек в Токтогульском районе Киргизской ССР проведены на расстояниях менее 15 км от места строительства плотин Камбаратинских ГЭС в целях обоснования проектов создания этих плотин и изучения сейсмоэффектов от взрывов непосредственно в районе строительства (таблица 2). Строительство Камбаратинской ГЭС-2 было возобновлено в 2008 г. на основе приостановленного в конце 1980-х годов и ныне дорабатываемого проекта. Для образования тела плотины в её створе на правом берегу р. Нарын 22 декабря 2009 г. были произведены взрывы двух зарядов взрывчатых веществ массой 700 и 2160 т с временным интервалом в 1,7 с [16]. Для анализа отобрано и обработано 120 сейсмических записей, зарегистрированных станциями, расположенными на локальных и региональных расстояниях от взрывов. По результатам замеров времен вступления рассчитаны времена пробега основных региональных фаз и построены годографы [16].

$$t(Pn) = 10,86 + 0,12 * \Delta \quad (1)$$

$$t(Pg) = 0,57 + 0,17 * \Delta \quad (2)$$

$$t(Sn) = 16,91 + 0,21 * \Delta \quad (3)$$

$$t(Lg) = 0,91 + 0,29 * \Delta, \quad (4)$$

где t, с – время пробега соответствующей волны.

Полученные значения скорости продольных и поперечных волн для взрывов, проведенных в Северном Тянь-Шане, больше, чем для Камбаратинских взрывов.

СВОДНЫЙ ГОДОГРАФ ПО ВЗРЫВАМ В МЕДЕО И В КАРЬЕРЕ КОТУР-БУЛАК

В таблице 6 приведены результаты расчета сводных годографов сейсмических волн от взрывов как в Медео, так и в карьере Котур-Булак для эпицентральных расстояний от 10 до 1400 км.

Таблица 6. Уравнения времен пробега основных типов сейсмических волн для взрывов Медео и Котур-Булак

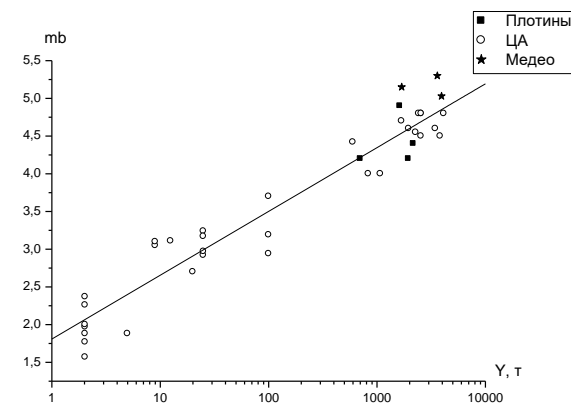
Фаза	Расстояние, км	Уравнение	Скорость
P	10–250	$1,139+0,158*\Delta$	6,32
Pn	250–1400	$12,393+0,117*\Delta$	8,53
Pg	250–850	$-1,999+0,168*\Delta$	5,96
S	10–250	$2,464+0,275*\Delta$	3,64
Lg	250–850	$1,075+0,279*\Delta$	3,59

Примечание: скорость P-волны для расстояний до 10 км составляет 5,2 км/с.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ХИМИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Изучение динамических параметров химических взрывов имеет важное значение для ряда таких задач, как определение мощности в тротиловом эквиваленте взрыва по сейсмическому эффекту, оценка воздействия на сооружения, планирование калибровочных взрывов, а также для задач обнаружения несанкционированных подземных ядерных взрывов и др. Экспериментально установлено, что отнесенная к очагу энергия сейсмических волн E_c , возбуждаемых взрывом сейсмических волн, зависит от упругих и поглощающих свойств горных пород, вмещающих взорванный заряд и характеризуемых скоростью продольных волн V_p , плотностью ρ , пористостью и водонасыщенностью [17]. При взрывах зарядов равной мощности, помещенных в штольни/скважины одного и того же размера, но пройденных в различных горных породах, энергия сейсмических волн тем больше, чем больше скорость волн и плотность вмещающих горных пород, а также их водонасыщенность. Кроме того, важную роль при этом играет глубина заложения заряда. В [17] проведен детальный анализ сейсмических эффектов двух 100-тонных калибровочных взрывов Омега-2 (1999 г.) и Омега-3 (2000 г.), проведенных на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) в одной и той же штольне горного массива Дегелен. Было установлено, что сейсмическая энергия второго взрыва значительно меньше, чем первого, что связано с влиянием разрушенности геологической среды. На рисунке 15 приведена зависимость магнитуды от мощности, построенная для исследовательских и калибровочных взрывов на СИП за 1961–2002 гг., взрывов в Медео,

Байпазы, промышленных и исследовательских взрывов в Центральной Азии, а также Токтогульских взрывов. Видно, что сейсмический эффект взрыва Бурлыкя и Байпазы хорошо согласуется с данными других взрывов в регионе. У взрыва Учтерек, а также у правобережных взрывов Медео сейсмический эффект оказался выше, а у Камбараты и левобережных взрывов Медео – ниже по отношению к предсказанному средней зависимостью (рисунок 15).



○ – сильный промышленный/исследовательский взрыв на территории Центральной Азии; ■ – взрывы Байпаза, Бурлыкя, Учтерек, Камбарата; ★ – Медео

Рисунок 15. Зависимость магнитуды m_b от мощности взрывов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для взрывов 21 октября 1966 г., 14 апреля 1967 г. и 20 ноября 1973 г., произведенных в районе Медео (Северный Тянь-Шань) при строительстве селезащитной плотины, изучены кинематические и динамические параметры записей временных и стационарных сейсмических станций из архива исторических сейсмограмм КСЭ ИФЗ АН СССР. Собраны сведения о макросейсмических проявлениях взрывов в г. Алматы и прилегающей территории.

Построен сводный годограф для района Северного Тянь-Шаня вблизи г. Алматы по данным взрывов в Медео и взрывов на карьере Котур-Булак. Проведено сравнение этого годографа с годографом, построенным по данным мощных промышленных и исследовательских взрывов, произведенных с целью строительства дамб в Кыргызстане: 8 февраля 1975 г. – Бурлыкя, 11 июня 1989 г. – Уч-Терек, 22 декабря 2009 г. – Камбарата.

Полученные результаты можно будет использовать для улучшения локализации сейсмических событий и для моделирования системы раннего предупреждения г. Алматы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Флейшман, С.М. Сели / С.М. Флейшман. – Ленинград: Гидрометеиздат. – 1978. – 314 с.
2. Проскурин, В.Н. Алма-Ата от А до Я в калейдоскопе событий //Электронный ресурс: <http://vernoye-almaty.kz/a-z.shtml>
3. Кевлишвили, П.В. Взрыв в Медео. Предварительный отчет по результатам научных наблюдений, проведенных экспедициями ИФЗ АН СССР. / П.В. Кевлишвили, А.Н. Ромашов, Т.В. Раутиан [и др.]. – Москва-Алма-Ата, 1966. – 82 с.

4. Родионов, В.Н. Применение крупных взрывов на строительстве плотин / В.Н. Родионов, А.Н. Ромашов // Peaceful nuclear explosions 111. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 1974.
5. Adushkin, V.V. Seismic and source characteristics of large chemical explosions / V.V. Adushkin, V. N. Kostuchenko, L. M. Pernik [et al]. – М.: IDG, 1995. – 334 p.
6. Гальперин, Е.И. Изучение сейсмического режима крупных промышленных центров / Е.И. Гальперин, И.Л. Нерсесов, Л.М. Воровский, Р.М. Гальперина, А.И. Чесноков. – М.: Наука, 1978. – 188 с.
7. Соколова, И.Н. Исторические записи взрывов для создания селезащитной плотины в Медео / И.Н. Соколова, И.Б. Алещенко // Тезисы IX Международной конференции «Мониторинг ядерных испытаний и их последствий», 08–12 августа 2016 г., Алматы. – С. 134–136.
8. Bormann, P. Ed. New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2). – Potsdam: Deutsches GeoForschungs-zentrum GFZ. IASPEI, 2012.
9. Бакиров, А.Б. Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью / отв. редактор ред. А.Б. Бакиров. - Бишкек: Илим. – 2006. – 116 с.
10. Соколова, И.Н. О характеристиках сейсмического шума на периодах, близких к 1,7 с, по данным станций Северного Тянь-Шаня / И.Н. Соколова, Н.Н. Михайлова // Вестник НЯЦ РК, 2008. – Вып. 1. – С. 48–53.
11. Mikhailova, N.N. Present Status of the Network for Seismic Observations in Kazakhstan / N.N.Mikhailova, A.K. Kurskeev // Journal of Earthquake Prediction Research. – Vol.4, N.5. – 1995. – P. 497–506.
12. Шацлов, В.И. Скоростные модели земной коры Казахстана / В.И. Шацлов [и др.]. – Алматы: Евразия, 1993. – 105 с.
13. Нерсесов, И.Л. Кинематика и динамика сейсмических волн на расстояниях до 3500 км от эпицентра // И.Л. Нерсесов, Т.Г. Раутиан // Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР. – М.: Наука, 1964. – С. 63–87.
14. Михайлова, Н.Н. Годограф сейсмических волн по результатам регистрации сигналов от химических взрывов / Н.Н. Михайлова, И.Л. Аристова, Т.И. Германова // Вестник НЯЦ РК: Геофизика и проблемы нераспространения, 2002. – Вып. 2 (10). – С. 46–54.
15. Khalturin, V. I. The seismic signal strength of chemical explosions / V. I. Khalturin, T.G.Rautian, P. G. Richards // Bull. Seism. Soc. Am., 1998, v. 88. – P. 1511–1524.
16. Аристова, И.Л. Сопоставление кинематических и динамических параметров мощных химических взрывов Бурлыкя, Учтерек и Камбарата / И.Л. Аристова, Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК. – 2012. – Вып. 1. - С. 51–56.
17. Михайлова, Н.Н. Сравнение калибровочных взрывов Омега-2 и Омега-3 по сейсмическим данным на региональных расстояниях / Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК: Геофизика и проблемы нераспространения. – 2002. – Вып. 2. – С. 36–45.

**МЕДЕУДЕ СЕЛ ТАСҚЫНЫНАН ҚОРҒАУ БӨГЕТІН ЖАСАУ ҮШІН ЖҮРГІЗІЛГЕН
ЖАРЫЛЫСТАРДЫҢ ТАРИХИ СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖАЗБАЛАРЫ**

И.Н. Соколова

Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатова, Қазақстан

Медеуде бөгетті салу үшін жүргізілген жарылыстардың сипаттамалары (1966 ж. 21 қазан, 1967 ж. 14 сәуір және 1973 ж. 20 қараша), Алматы қ. осы жарылыстардың макросейсмикалық көріністері туралы мәліметтер, сондай-ақ Орталық Азияда бөгеттің құрылысын жүргізу кезінде қуатты өнеркәсіп және зерттеу жарылыстарымен салыстырғандағы сейсмикалық әсер қарастырылды. Тарихи мұрағаттық сейсмограммалар негізінде құрылған жақын және аймақтық арақашықтағы негізгі аймақтық фазалардың годографы, сондай-ақ Алматы қ. маңындағы Солтүстік Тянь-Шань ауданы үшін жиынтық годограф суреттелді. Қырғызстанда 2009 ж. 22 желтоқсанда болған қуатты Қамбар ата жарылысының жазбалары бойынша құрылған годографпен салыстыру жүргізілді. Алынған нәтижелер сейсмикалық оқиғаларды оқшаулауды жақсарту үшін және Алматы қ. ерте ескерту жүйесін моделдеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

**HISTORICAL SEISMIC RECORDS OF EXPLOSIONS, CARRIED OUT
TO CREATE THE MUD DAM IN MEDEO**

I.N. Sokolova

Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan

The author studied characteristics of explosions in Medeo (October 21, 1966, April 14, 1967 and November 20, 1973) implemented for construction of the dam, information on macro-seismic occurrences of these explosions in Almaty city as well as seismic effect in comparison with strong industrial and research explosions during the construction of dams in Central Asia. A travel-time curve of main regional phases for close and regional distances was described; it was constructed on the basis of historical archived seismograms as well as a composite travel-time curve for the region of Northern Tien Shan near Almaty. There was a comparison drawn with the travel-time curve, constructed on records of a strong Kambarata explosion on December 22, 2009, in Kyrgyzstan. The obtained results may be used to improve localization of seismic events and modeling of early warning system in Almaty.