

УДК [550.34:541.126](574.41)

## СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ ОМЕГА-2 И ОМЕГА-3 ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ

Михайлова Н.Н., Соколова И.Н.

*Институт геофизических исследований НЯЦ РК*

Проведено сравнение характеристик сейсмических записей калибровочных взрывов Омега-2 и Омега-3. Показано, что при одинаковой мощности взрывов уровень сейсмических колебаний при эксперименте Омега-3 значительно меньше, чем при эксперименте Омега-2, хотя спектральный состав, поляризация колебаний, волновая картина, зарегистрированные одними и теми же станциями, идентичны для обоих взрывов. Сделаны предположения о возможных причинах различия в сейсмическом эффекте.

Калибровочные эксперименты Омега-2 и Омега-3 проведены на площадке Дегелен Семипалатинского испытательного полигона в 1999 и 2000 гг. (Табл. 1). Место проведения взрывов и масса заряда были практически одинаковы: взрывы проводились в одной и той же штольне, масса заряда в обоих случаях составляла 100 тонн.

Целью настоящей работы является сравнение характеристик сейсмических записей, энергетических и магнитудных оценок источников и других параметров двух взрывов по данным станций, расположенных на расстояниях до 1000 км.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Собрано значительное количество сейсмограмм, зарегистрированных сейсмическими станциями раз-

личных служб и организаций в диапазоне расстояний от 0 до 1000 км: в ближней зоне (временные станции) - расстояние 1.8 – 13.7 км; сети стационарных станций НЯЦ РК - расстояние 110 – 730 км; Института сейсмологии МОН РК - расстояние 500 – 800 км; Тянь-Шаньского проекта (временные станции) - расстояние 800 – 950 км; киргизской сети KNET - расстояние 770 – 850 км. Информация об этих станциях и их эпицентральных расстояниях приведена в таблицах 2-6. Расположение сейсмических станций на территории Казахстана и Кыргызстана, зарегистрировавших калибровочные взрывы, показано на рисунке 1.

Таблица 1. Данные о калибровочных взрывах Омега-2 и Омега-3

Взрыв	Дата	Время	Координаты		Масса заряда, кг	Превышение, м	Штольня
			φ, N	λ, E			
Омега-2	25.09.1999	05.00.05.85	49°46'54.68''	77°57'58.68''	100 000	660.3	160-в
Омега-3	29.07.2000	06.10.04.03	49°46'55.39''	77°57'59.97''	100 000	664.2	160-с

Таблица 2. Координаты станций ближней зоны

Название станции	Код станции	Высота, м	Широта	Долгота	Расстояние до источника
S2	S2	825	49.7671	77.9899	2.4
S3	S3	570	49.7960	77.9795	1.8
S4	S4	523	49.8693	77.9617	9.7
S5	S5	524	49.8549	78.1194	13.7
S6	S6	570	49.7309	78.0512	8.3
S7	S7	573	49.7791	78.0804	8.2

Таблица 3. Координаты станций сети НЯЦ РК

Название станции	Код станции	Высота, м	Широта	Долгота	Расстояние до источника
Боровое	BRVK	315	53.0578	70.2828	647
Восточное	VOS	300	52.7232	70.9797	588
Зеренда	ZRNK	384	52.9508	69.0043	717
Чкалово	CHKZ	123	53.6762	70.6152	668
Курчатов	KURK	240	50.7149	78.6208	114
Маканчи	MAKZ	600	46.8075	81.9774	445
Талгар	TLG	1210	43.2487	77.2237	729
Подгорное	PDG	1277	43.3274	79.4849	727

**СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ ОМЕГА-2 И ОМЕГА-3  
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ**

Таблица 4. Координаты станций Института сейсмологии МОН РК

Название станции	Код станции	Высота, м	Широта	Долгота	Расстояние до источника
Курты	KUU	550	43.89	76.34	667
Тургень	TRG	1510	43.31	77.64	720
Кастек	KST	1415	43.04	75.96	766
Медео	MDO	1600	43.17	77.01	739
Джаркент	DZHR	1600	44.33	79.79	622
Капал-Арасан	KPA	946	45.28	79.36	512
Курам	KURM	840	43.49	78.17	700
Чушкалы	CHUK	510	43.86	77.00	663
Зайсан	ZSN	550	47.45	84.40	541

Таблица 5. Координаты станций Тянь-Шаньской сейсмической сети

Название станции	Код станции	Высота, м	Широта	Долгота	Расстояние до источника
Каирма	KAI	2020	41.5681	75.0134	942
Караколка	KARL	3021	41.4733	77.3093	925
Кен Су	KENS	2809	42.3201	79.2362	836
Хантау	KHA	1114	44.2048	73.9916	990
Карасай	KSA	3400	41.5425	77.9257	916

Таблица 6. Координаты станций Киргизской сейсмической сети KNET

Название станции	Код станции	Высота, м	Широта	Долгота	Расстояние до источника
Ала-Арча	AAK	1680	42.6333	74.4944	839
Карагайбулак	KBK	1760	42.6564	74.9478	826
Токмак	TKM2	2020	42.9208	75.5966	785
Улахол	ULHL	2040	42.2456	76.2417	849
Успенровка	USP	740	43.2669	74.4997	772

Таблица 7. Станции, зарегистрировавшие калибровочные взрывы Омега-2 и Омега-3

Взрыв	Станции ближней зоны	Станции НЯЦ РК	Станции Тянь-Шаньской сети	Станции Института сейсмологии МОН РК	Станции KNET
ОМЕГА-2	S3, S5, S6, S7	BRVK, KUR, MAKZ, PDG, TLG, CROSS-ARRAY	KAI, KENS, KHA, KSA, KARL	KURM, DZHR, KST, KUU, KPA, CHUK, MDO, TRG, ZSN	AAK, KBK, TKM2, ULHL, USP
ОМЕГА-3	S2, S3, S4, S5, S6, S7	CHK, MAKZ, TLG, VOS, ZRN, KURK, BRVK	KENS	KUU, KPA, ZSN	ULHL, USP, KZA

В табл. 7 показано, какие именно станции зарегистрировали каждый из двух калибровочных взрывов.

Как видно из таблицы 7, число, а также перечень станций, зарегистрировавших калибровочные взрывы, неодинаковы для двух экспериментов. Для эксперимента Омега-2 собраны записи 29 станций, для эксперимента Омега-3 – записи 20 станций. Жирным шрифтом в таблице 7 выделены коды станций, зарегистрировавших оба взрыва.

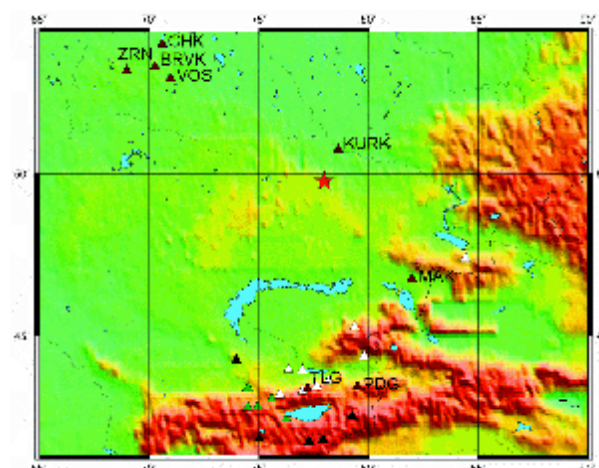
**РЕГИСТРИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА**

Станциями сетей, приведенных в таблицах 3-6, сейсмические колебания регистрировались в цифровом виде. На станциях ближней зоны (Табл. 2) были установлены станции REFTEK с короткопериодными сейсмометрами L4C –3D, поэтому записи этих станций оцифровывались с частотой 500 Гц.

На станциях сетей НЯЦ РК, KNET и Тянь-Шаньской использовалась аппаратура REFTEK, IRIS/GSN, IRIS/IDA. Станции были укомплектованы сейсмометрами STS-1, STS-2, CMG-3, CMG-40T с полосой пропускания 0.008 – 45 Гц (STS-2) и 0.03 – 80 Гц (CMG-3, CMG-40T). Частота оцифровки использованных данных - 20 и 40 Гц.

На станциях Института сейсмологии МОН РК использовалась аналоговая аппаратура СКМ-3 с трехкомпонентной регистрацией на фотобумагу.

Рабочий диапазон частот 0.5-0.9 Гц. Временная развертка сейсмограмм на фотобумаге составляла 120 мм/мин.



Треугольники: бордовые - станции НЯЦ РК; зеленые - станции KNET; белые - станции Института сейсмологии МОН РК; черные - станции Тянь-Шаньского проекта. Звездочка - место калибровочных взрывов.

Рисунок 1. Расположение сейсмических станций

**СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ ОМЕГА-2 И ОМЕГА-3  
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ**

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК  
СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ**

Анализ отобранных сейсмических записей проводился отдельно для трех различных зон – **ближней, промежуточной** и **дальней**, отличающихся волновой картиной.

**Ближняя зона (D<math>\leq 30</math> км).** На рисунке 2 показаны записи взрывов Омега-2 и Омега-3, сделанные тремя станциями ближней зоны. Четко видно, что наблюдается исключительное сходство записей по Z – компоненте – выделяются идентичные фазы, отмечаются одинаковые преобладающие периоды. Однако уровень сигналов, зарегистрированных при взрывах Омега-2 и Омега-3 неодинаков.

Для количественного сопоставления уровня сейсмических сигналов использованы различные подходы. На рисунке 3 а, б дано сравнение амплитуды первых вступлений Р- волны и максимального значения в цуге Р- волны записей станций ближней зоны (при регистрации взрыва Омега-2 на станции S<sub>3</sub> наблюдались неполадки с сейсмометром, поэтому она не участвовала в рассмотрении). Видно, что амплитуда сигналов, зарегистрированных при взрыве Омега-2, превышает амплитуду аналогичных сигналов при взрыве Омега-3.

Рассмотрены также характеристики огибающих короткопериодной S –коды в трех частотных диапазонах. На рисунке 4 а, б, в показаны огибающие коды, построенные для станции S<sub>7</sub> по двум взрывам Омега. Использовались фильтры с центральными частотами 1,25 Гц, 5 Гц и 10 Гц и шириной пропускания 2/3 октавы на уровне 0,7 от максимума (по аналогии с ЧИСС-фильтрами). Обработка записей выполнена для Z- компоненты. Из рисунков видно, что для всех частот огибающие записей разных взрывов практически совпадают по форме, разброс данных, как правило, не превышает  $\pm 0,1$  ед. лог. Вместе с тем, уровни огибающих для разных взрывов различаются.

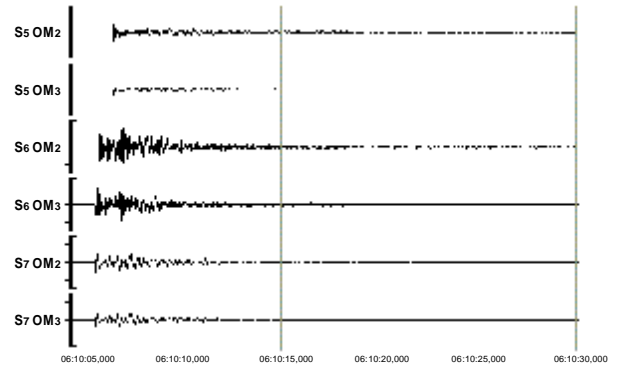


Рисунок 2. Сейсмические записи взрывов Омега-2 и Омега-3 станциями ближней зоны S5, S6 и S7

В нижеследующей таблице 8 приведена разница в уровнях огибающей коды на разных частотах.

Таблица 8. Разница в абсолютных уровнях огибающей коды для экспериментов Омега-2 и Омега-3 на разных частотах. Станция S7

Частота, Гц	1,25	5	10
Разница в уровнях (ед. лог)	0,16	0,18	0,16

Для исследованных частот уровень огибающей коды для события Омега-2 на 0,16 – 0,18 ед. лог. выше, чем для события Омега-3. Следовательно, форма спектров коды в полосе частот 1-10 Гц практически совпадает.

На рисунке 4 г огибающие коды записи станции S<sub>7</sub> сопоставлены на фильтре СКМ. Это связано с тем, что далее все определения энергетических и магнитудных характеристик проводились именно на этом фильтре, для которого построены магнитудные и энергетические калибровочные региональные кривые. В случае, приведенном на рисунке 4 г, наблюдается ранее отмеченная картина: уровень огибающей коды при взрыве Омега-3 ниже, чем при Омега-2. Однако в разных частях записи разница различна, например, после 7 с - это примерно 0,3 ед. лог.

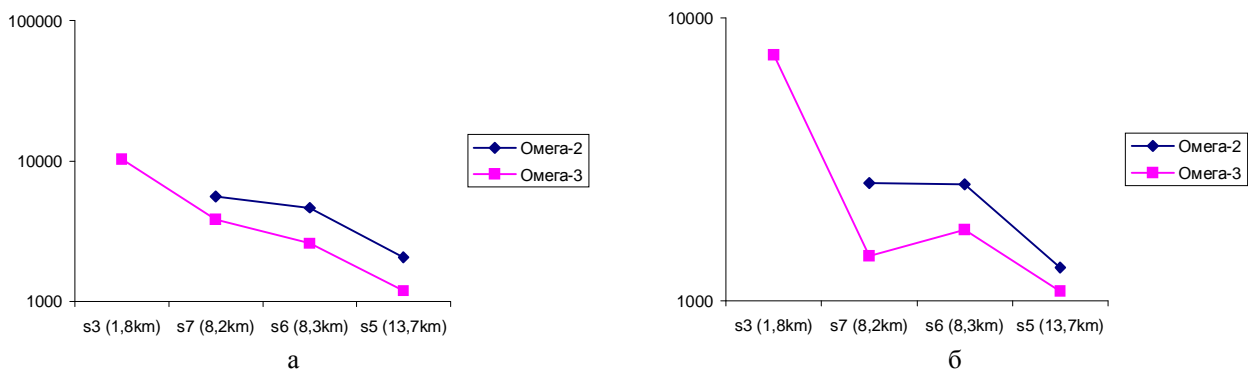
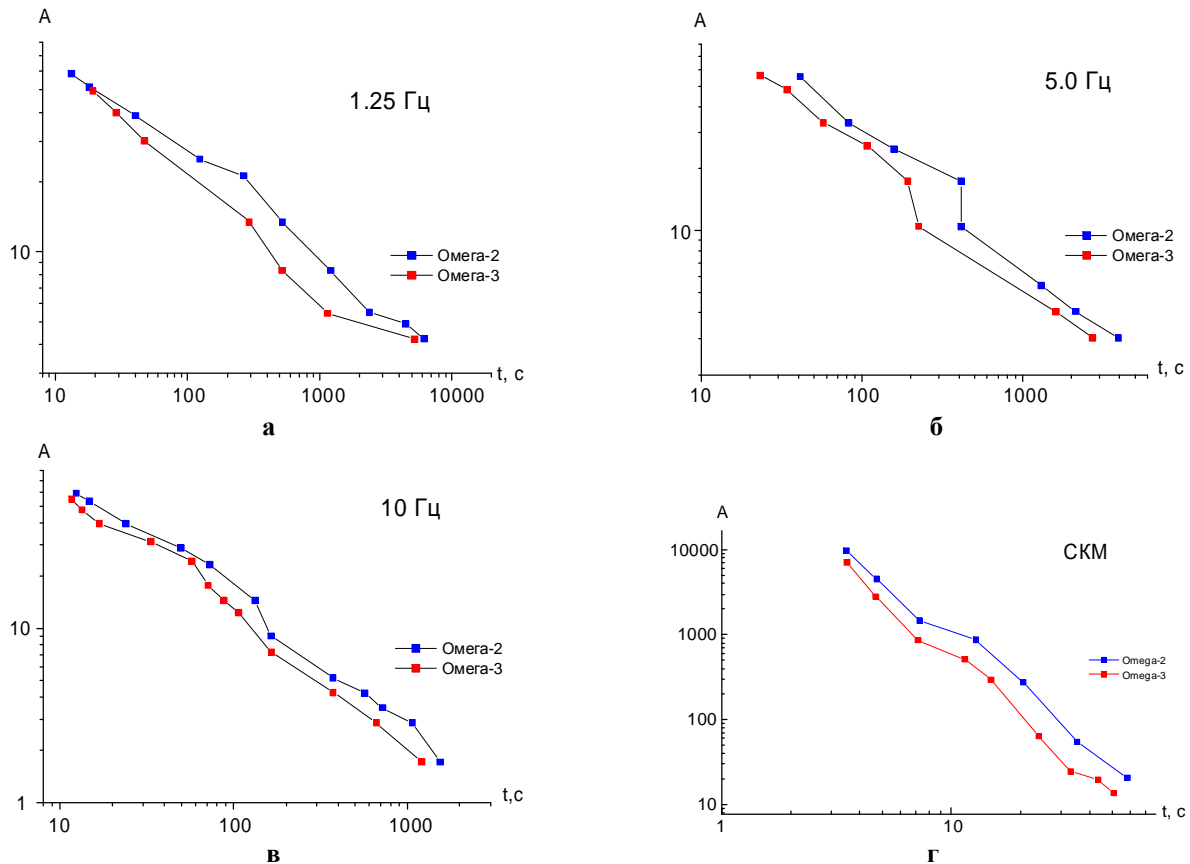


Рисунок 3. Сравнение амплитуды первого вступления Р-волны (а), максимума Р-волны (б)

**СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ ОМЕГА-2 И ОМЕГА-3  
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ**



а - фильтр с центральной частотой 1.25 Гц, б - фильтр с центральной частотой 5.0 Гц, в - фильтр с центральной частотой 10.0 Гц, г - фильтр СКМ

Рисунок 4. Огибающие коды записей станции ближней зоны S7

**Промежуточная зона** ( $30 \text{ км} < \Delta \leq 300 \text{ км}$ ). На рисунке 5 показаны записи станции KURK, относящейся к промежуточной зоне ( $\Delta=114 \text{ км}$ ), из которых видно большое сходство формы записей при существенном различии их амплитуды.

Для этой станции также построены огибающие записей для трех фильтров 1.25, 2.5 и 5.0 Гц, а также для СКМ-фильтра. Форма огибающих записей, приведенная на рисунке 6, схожа. Уровень коды для взрыва Омега-3 ниже, чем для Омега-2 в среднем на 0.3 ед. лог.

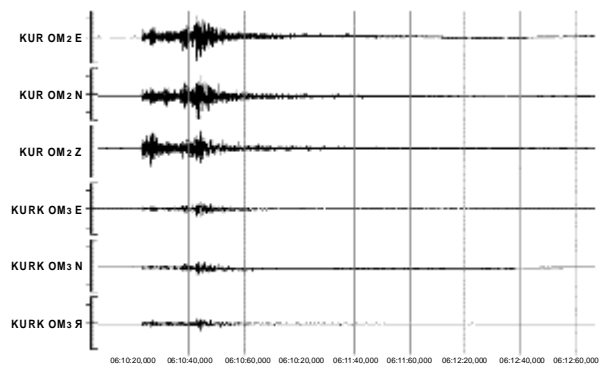
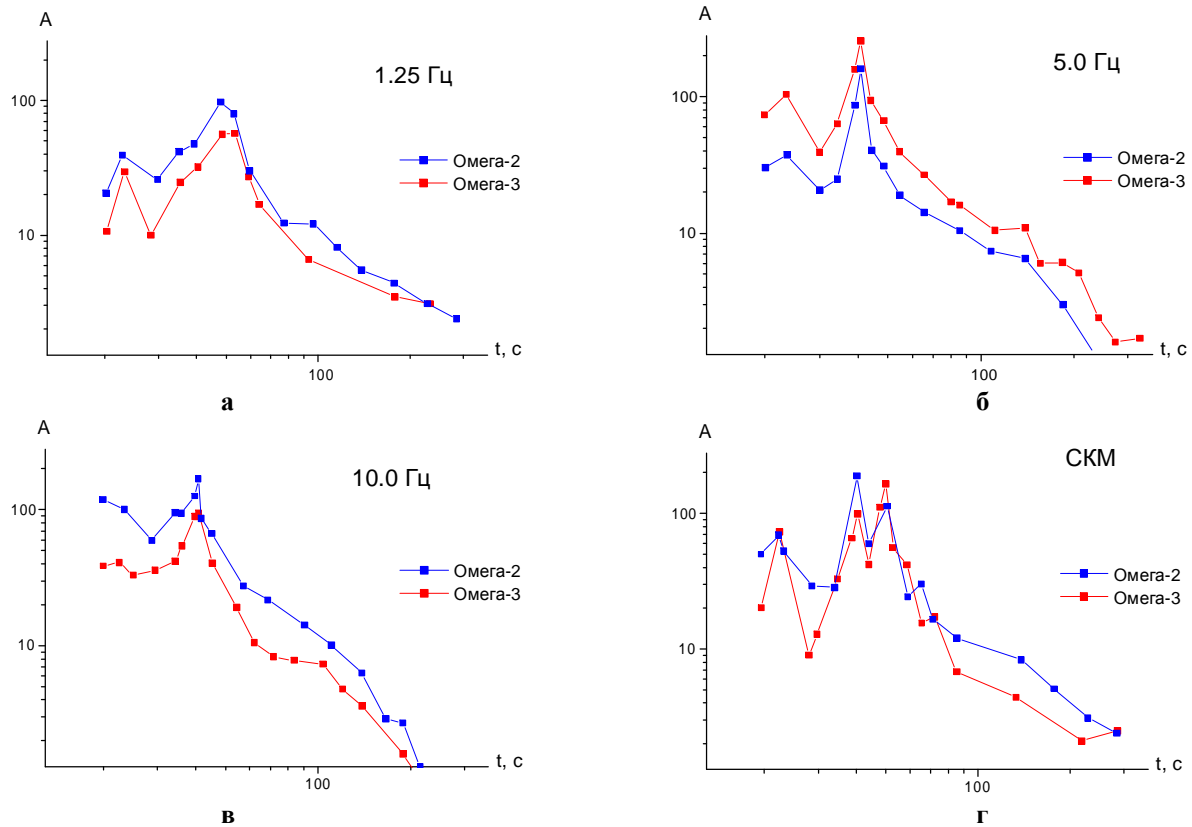


Рисунок 5. Сейсмограммы взрывов Омега-2 и Омега-3, записанные в промежуточной зоне. Станция KURK (без фильтрации)

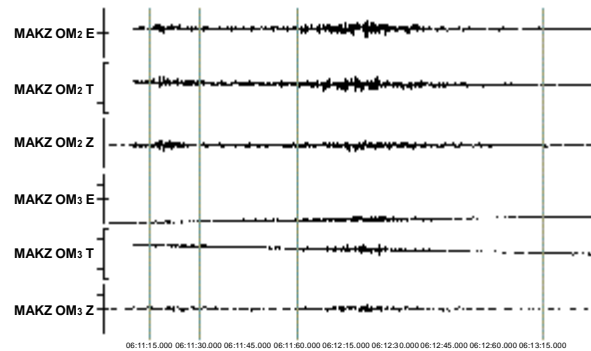
**СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ ОМЕГА-2 И ОМЕГА-3  
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ**



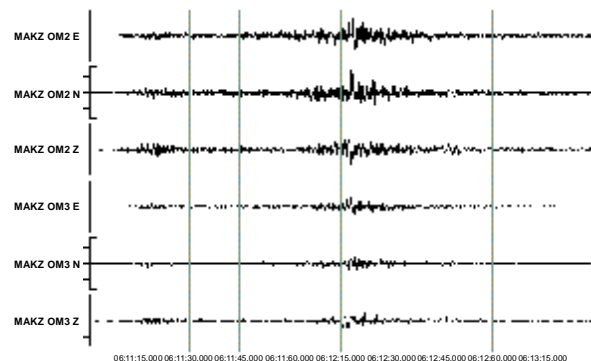
Фильтры: а - с центральной частотой 1.25 Гц, б - с центральной частотой 5.0 Гц, в - с центральной частотой 10 Гц, г - СКМ.

*Рисунок 6. Огибающие записей в промежуточной зоне. Станция KURK*

**Дальняя зона ( $\Delta > 300$  км).** На рисунках 7, 8 приведены записи, полученные в дальней зоне станцией Маканчи, находящейся в 445 км от эпицентров взрывов. Рассмотрению и сравнению записей без их фильтрации (Рис. 7) мешает сильный тренд. После фильтрации (Рис. 8), выполненной с использованием фильтра СКМ, проявляется большое сходство записей двух взрывов, особенно Z – компоненты. Однако наблюдаются и некоторые различия для некоторых фаз. Видно, что доминирующей волной является волна Lg, что характерно для рассматриваемых расстояний в континентальных районах, где наблюдается сравнительно слабое поглощение S-волн в земной коре. На рисунке 9 показана форма огибающих записей станции Маканчи для разных фильтров. Для обоих взрывов отмечена очень сходная форма. На фильтре СКМ (Рис. 9 г) картина более сложная, но четко видно, что уровень огибающей записей при взрыве Омега-2 выше, чем при взрыве Омега-3.

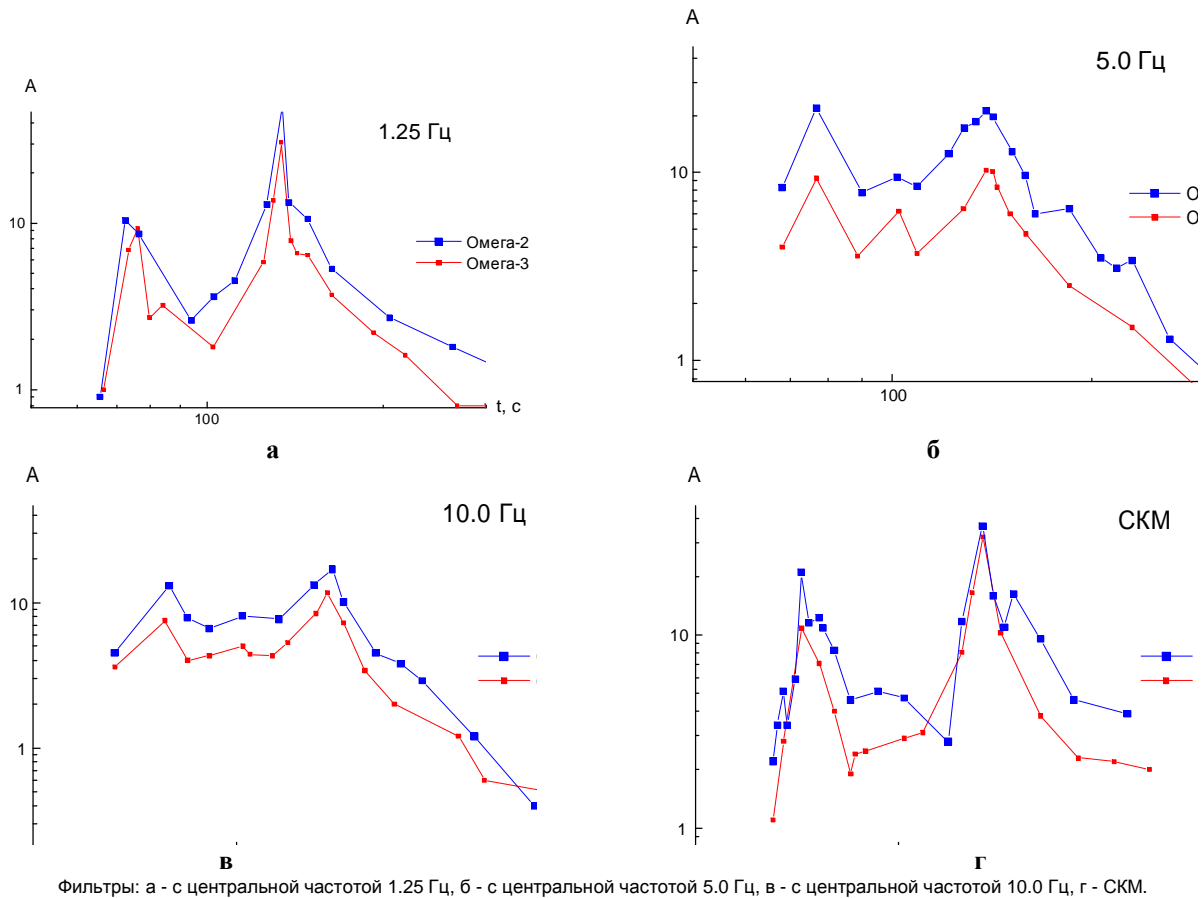


*Рисунок 7. Сейсмограммы взрывов Омега-2 и Омега-3, записанные в дальней зоне. Станция MAKZ (без фильтрации)*



*Рисунок 8. Сейсмограммы взрывов Омега-2 и Омега-3, записанные в дальней зоне. Станция MAKZ (фильтр СКМ)*

**СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ ОМЕГА-2 И ОМЕГА-3  
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ**



Фильтры: а - с центральной частотой 1.25 Гц, б - с центральной частотой 5.0 Гц, в - с центральной частотой 10.0 Гц, г - СКМ.

Рисунок 9. Огибающие записей станции МАКЗ

На рисунке 10 приведен пример записи станции Успеновка (USP,  $\Delta=772$  км).

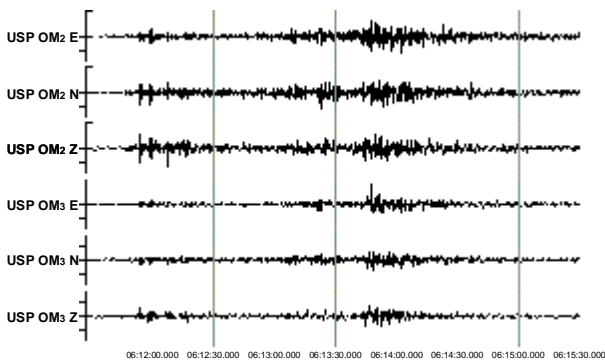


Рисунок 10. Сейсмограммы взрывов Омега-2 и Омега-3, записанные в дальней зоне. Станция USP (фильтр СКМ)

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И МАГНИТУДНЫЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗРЫВОВ**

Известно, что магнитудная классификация сейсмических событий, происшедших на близких расстояниях, представляет собой значительную проблему. В Международном и других Центрах данных наиболее применяемой шкалой магнитудной классификации является шкала  $m_b$ . Этот вид магнитуд определяется по объемным волнам, чаще всего по Р-волнам на расстояниях более  $20^\circ$ . На таких расстоя-

ниях калибровочные кривые являются достаточно стабильными и позволяют получать устойчивые оценки. На меньших расстояниях магнитуду  $m_b$  либо вообще не определяют, либо для этого используют региональные калибровочные кривые, которые специально разрабатываются различными организациями. В Казахстане с 1983 г. в качестве региональной калибровочной кривой  $\sigma(\Delta)$  для определения  $m_b$  используют кривую Н.Н Михайловой, И.П. Неверовой. [1]. Она широко применяется при обработке записей землетрясений и включается в каталог землетрясений Казахстана. Диапазон расстояний, в пределах которого используется эта калибровочная кривая, 10 – 1000 км. Расчет  $m_b$  проводится в соответствии с формулой:

$$m_b = \lg(A_p / T_p) + \sigma(\Delta), \quad (1)$$

где  $A_p$  и  $T_p$  – амплитуда и соответствующий ей период фазы Р – волн, когда колебательная скорость максимальна.

В практике обработки сейсмических данных в советское время широкое распространение получила также классификация событий по энергетическим классам  $K = \lg E(\text{Дж})$ , где E – энергия сейсмических волн, введенная Т.Г. Раутиан [2]. Эта классификация широко используется и для классификации химических взрывов, например, в [3]. Она позволяет опре-

**СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ ОМЕГА-2 И ОМЕГА-3  
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ**

делять сейсмическую энергию событий в диапазоне расстояний 10-3000 км. Расчет энергетического класса проводится в соответствии с формулой:

$$K = 1.8 \lg (A_p + A_s) + \sigma_1(\Delta), \quad (2)$$

где  $A_p$  и  $A_s$  – максимальные амплитуды в фазах  $P$ - и  $S$ - волн по каналу СКМ,  $\sigma_1(\Delta)$  – калибровочная функция для энергетических классов в соответствии с работой [2].

Поскольку системы размещения станций, зарегистрировавших взрывы Омега-2 и Омега-3, были различными, то для корректного сопоставления сейсмических эффектов, расчеты  $K$  и  $mrv$  проведены только по записям станций, зарегистрировавших оба взрыва, как это показано в таблице 7. Результаты полученных определений, приведены в таблице 9.

*Таблица 9. Энергетический класс и магнитуда  $mrv$  взрывов Омега-2 и Омега-3*

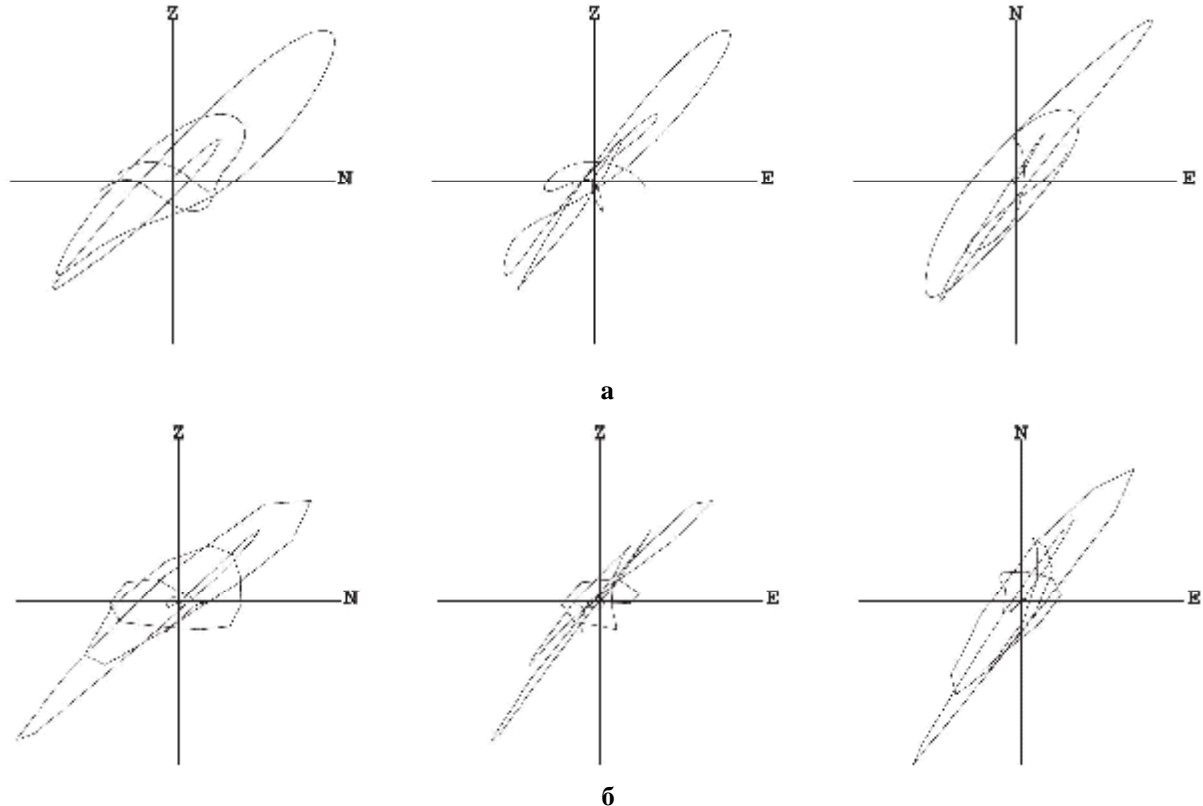
Сеть станций	Омега-2		Омега-3	
	K	$mrv$	K	$mrv$
НЯЦ РК (СНК, МАКЗ, ZRN)	8.51	3.19	7.64	2.94
KNET (ULHL, USP)	8.32	3.52	7.92	3.24
IS RK (KUU, KPA)	8.52	3.15	7.48	2.75
В среднем по станциям	8.45	3.29	7.68	2.98

Как следует из таблицы, значения  $mrv$  и  $K$  для взрыва Омега-2 устойчиво больше в сравнении со взрывом Омега-3. Занижение энергетического класса при взрыве Омега-3 составляет 0.77, магнитуды –

0.31. Факт более низких значений сейсмической энергии при взрыве Омега-3 был отмечен и Международным центром данных в Вене. Отмечено, что в 1998 г. взрыв Омега-1 был зарегистрирован десятью станциями и сейсмическими группами Международной системы мониторинга (IMS). Взрыв Омега-2 зарегистрирован только 5 станциями и группами IMS. Взрыв Омега-3 был зарегистрирован только одной станцией IMS и даже не попал в обработку Международного центра данных. На конференции “Omega Experiments and Source Seismic Physics” в докладе Б. Норса и др. [4] было показано, что значение магнитуды по объемным волнам, определенное в PIDC для взрыва Омега-3 на 0.25 меньше, чем для Омега-2. Значение магнитуды равно 3.63 и 3.88, соответственно. Разница в значении магнитуды событий по данным PIDC близка к полученному нами результату.

**СРАВНЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ И НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ**

Была предпринята попытка сравнения поляризации сейсмических волн при двух взрывах, а также направленности излучения и азимутального распределения знаков первых вступлений. По всем этим параметрам взрывы оказались очень похожи. На рисунке 11 приведены диаграммы поляризации начальной части записи  $P$ -волны (2 с) для станции KURK в промежуточной зоне.



*Рисунок 11. Поляризация  $P$ - волн. Станция KURK: а – Омега-2, б - Омега-3*

**СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ ОМЕГА-2 И ОМЕГА-3  
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ**

	I	II
Азимут°	33	49 ±4
e°	41 W	50 SE
θ°	11	11
Простираение	-0.19	+0.19
Падение	+0.98	+0.98

	Az°	i°
i	311	88
K	190	10
x	42	82

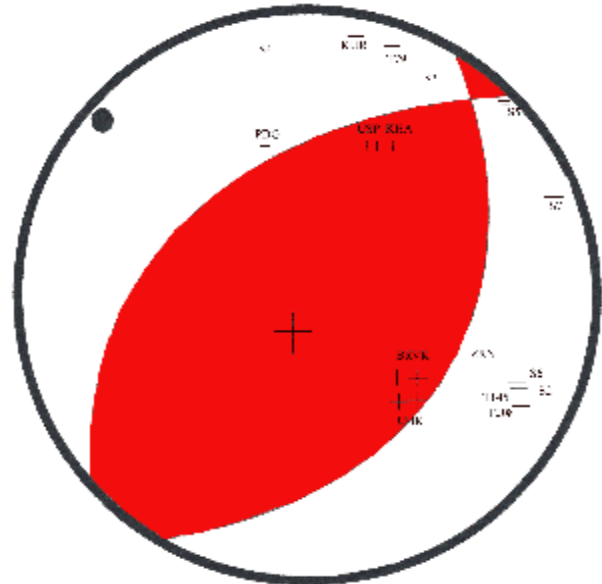


Рисунок 12. Фокальный механизм очага взрывов Омега-2, Омега-3 и знаки первых вступлений

Было изучено отношение амплитуды двух взрывов в зависимости от азимута. Существенных азимутальных различий не обнаружено. Знаки первых вступлений для взрывов теоретически должны давать значения + для всех азимутов. Но для взрывов Омега-2 и - 3 получилось распределение знаков, близкое к квадрантному, то есть, на одни станции пришли волны растяжения, на другие – волны сжатия. Аналогично построению фокальных механизмов для землетрясений, для этих калибровочных взрывов определено направление плоскости преимущественной подвижки в очаге. Распределение знаков по двум взрывам практически одинаково. На рисунке 12 проиллюстрировано полученное решение фокального механизма и приведены параметры для двух возможных плоскостей и главных напряжений.

На рисунке 13 показаны для сравнения записи станцией Курчатов (KURK) вертикальной компоненты землетрясения с эпицентром в хребте Муржик вблизи Семипалатинского полигона (26.03.1996 г.,  $t_0=13:58:12.0$ ) и двух взрывов Омега-2 и Омега-3. Как видно, волновая картина записей взрывов и землетрясений различна. Во-первых, на записях взрывов отмечено четкое второе вступление продольных волн (волна Pm), которой нет на записях землетрясения. Во-вторых, на записях взрывов зарегистрированы гораздо более сильные поверхностные волны, чем при землетрясении. То-есть, сейсмическая энергия распределена по типам волн по-разному у взрывов и землетрясений, что и используется в задачах распознавания событий.

На рисунке 14 приведены записи станцией Боровое (BRVK) вертикальной компоненты землетрясения и двух взрывов Омега-2 и Омега-3 с фильтром 2.5 Гц. Из рисунка видно, что для землетрясения меньшая доля энергии излучается в виде продольных волн, чем для химических взрывов. Этот вывод

следует и из таблицы 10, где показано отношение различных фаз в различных частотных диапазонах. Различие в значении соотношения Sn/Pn и Lg/Pn достигает 5 раз на частоте 2.5 Гц.

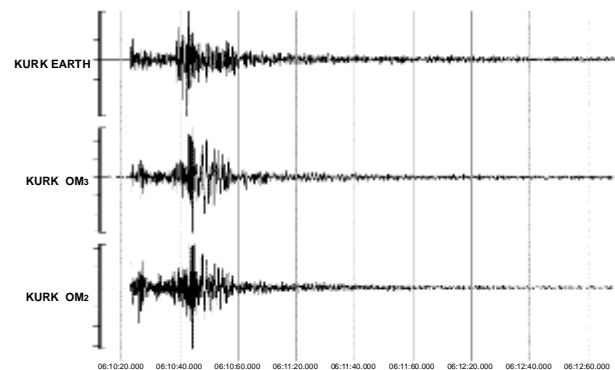


Рисунок 13. Сейсмограммы землетрясения (верхняя трасса) и двух взрывов Омега-2 и Омега-3, (нижние трассы). Станция KURK (фильтр СКМ)

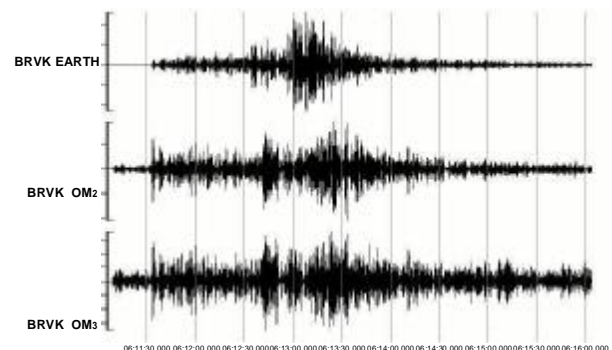


Рисунок 14. Сейсмограммы землетрясения (верхняя запись) и двух взрывов Омега-2 и Омега-3 (нижние записи). Станция BRVK (фильтр 2.5 Гц)



**СРАВНЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ ОМЕГА-2 И ОМЕГА-3  
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ РАССТОЯНИЯХ**

*Таблица 10. Соотношение амплитуд различных волн при землетрясении и взрыве*

Частота	Тип источника	Sn/Pn	Lg/Pn
2.5 Гц	Землетрясение	5.23	10.23
	Взрыв Омега-2	1.11	1.93
5.0 Гц	Землетрясение	2.32	2.32
	Взрыв Омега-2	1.31	0.72

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют о том, что два взрыва одинаковой мощности, произведенные в одной и той же штольне, имели различный сейсмический эффект. Вторым взрыв оказался слабее первого. С чем связано такое понижение сейсмического КПД? Этот факт может быть объяснен рядом причин.

Во-первых, геологическая среда в результате проведения взрыва Омега-2 была значительно изменена, возникли трещины в породах, вследствие чего сейсмическая составляющая от повторного взрыва была меньше.

Во-вторых, при взрыве Омега-3 произошел частичный прорыв газа над взрывной камерой, чего не наблюдалось при Омега-2, где газы распространялись вдоль штольни. Возможно, выход газа также уменьшил сейсмический эффект.

В-третьих, взрывная камера эксперимента Омега-3 была расположена в месте прохождения тектонического разлома, и в результате взрыва могло быть инициировано движение вдоль разлома, анало-

гичное землетрясению. На это также могла уйти часть энергии взрыва.

**Выводы**

1. Волновая картина записей двух взрывов Омега-2 и Омега-3 на одних и тех же станциях в пределах рассмотренных расстояний до 1000 км практически идентична. Наблюдаются одинаковые сейсмические фазы, одинаковый спектральный состав колебаний.
2. Уровень амплитуды и огибающей записей при двух взрывах на одних и тех же станциях различен. Систематически уровень огибающей для записей взрыва Омега-2 выше, чем огибающей для записей взрыва Омега-3.
3. Оценка энергетического класса и магнитуды записей для взрывов Омега-2 и -3 подтверждает вывод о том, что сейсмический эффект взрыва Омега-3 был слабее, чем Омега-2.
4. Полученные результаты следует учитывать для достижения большей дальности регистрации и большей энергии сейсмических колебаний при планировании последующих калибровочных экспериментов.

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность Полешко Н.Н. за помощь в получении решения фокального механизма.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Михайлова Н.Н., Неверова И.П. Калибровочная функция  $\sigma(\Delta)$  для определения магнитуды MPVA землетрясений Северного Тянь-Шаня. // Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. Алма-Ата, Наука, 1986г., с.41-47.
2. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстояниях до 3000 км. // Труды ИФЗ АН СССР. №32 (199), 1964г. с.72-98.
3. V.I.Khalturin, T.G. Rautian, P.G. Richards. The Seismic Signal Strength of Chemical Explosions. //BSSA, Vol.88, №6, December 1998. p.1511-1524.
4. B. North, Hans Israelsson, Keith McLaughlin. Recordings of Omega Explosions at IMS Stations.// Omega Experiments and Source Seismic Physics. USGS, Reston, Virginia, December 2001.

**РЕГИОНАЛДЫҚ ҚАШЫҚТЫҚТА СЕЙСМИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕР БОЙЫНША  
ОМЕГА-2 ЖӘНЕ ОМЕГА-3 ҮЛГІЛІ ЖАРЫЛЫСТАРДЫҢ САЛЫСТЫРУЫ**

**Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова**

*Қазақстан Республикасы Ұлттық ядролық орталығының Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатова қ*

Омега-2 және омега-3 үлгілі жарылыстардың сейсмикалық жазбаларының сипаттамаларының салыстыруы өткізілген. Бір станциялармен тіркелген, спектрлік құрамы, тербелістік үйектеуі, толқындық суреті, екі оқиғаға да сәйкес болса да, екі жарылыстың қуаты бір болғанда, Омега-3 эксперименттегі сейсмикалық тербелістердің деңгейі Омега-2 экспериментіндегіден едәуір төмен болғаны көрсетілген. Сейсмикалық эсердің айырмашылығының әр түрлі мүмкіндік себептері туралы долбар берілген.

**COMPARISON OF OMEGA-2 AND OMEGA-3 CALIBRATION  
EXPLOSIONS BASING ON REGIONAL SEISMIC DATA**

**N.N. Mikhailova, I.N. Sokolova**

*Institute of Geophysical Research of NNC RK, Kurchatov*

Comparison of different parameters of seismic records of Omega-2 and Omega-3 calibration explosions was performed. It was shown that despite the equal charge the level of seismic oscillations was lower during the Omega-3 explosion than during Omega-2. Spectral composition, polarization of oscillations, wave picture is identical at a given station for both explosions. Assumptions were made on the reason of such difference in seismic effect.