

УДК [550.34:541.126]:681.3(574.41)

## ГОДОГРАФ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ОТ ХИМИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ

Михайлова Н.Н., Аристова И.Л., Германова Т.И.

*Институт геофизических исследований НЯЦ РК*

При проведении сильных химических взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне получен большой объем цифровых сейсмических данных на стационарных и временных сейсмических станциях. Записи собраны, систематизированы и обработаны, созданы базы данных. Построены годографы региональных сейсмических волн Pn, Pg, Sn, Lg, которые сопоставлены с годографами, используемыми в рутинной практике обработки записей землетрясений.

В 1997 – 2000 гг. на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) проведена серия химических взрывов с целью ликвидации инфраструктуры бывшего ядерного полигона. Взрывы проводились на двух площадках – Балапан (мощность самых сильных взрывов 25 тонн) и Дегелен (три взрыва серии «Омега» мощностью 100 тонн). В таблице 1 приведена основная информация об этих взрывах.

Регистрация сейсмических сигналов проводилась станциями временной сети, а также станциями стационарной сети НЯЦ РК и других организаций. На рисунке 1 показано расположение площадок Дегелен, Балапан в пределах Семипалатинского испытательного полигона, эпицентров взрывов и сейсмических станций ближней зоны.

Таблица 1. Основные данные о калибровочных взрывах

| Дата взрыва                          | Точное время взрыва по GMT | Координаты     |                | Масса заряда, кг | Глубина (высотная отметка) заряда, м | № скважины (штольни) |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|------------------|--------------------------------------|----------------------|
|                                      |                            | j, N           | l, E           |                  |                                      |                      |
| Площадка Балапан                     |                            |                |                |                  |                                      |                      |
| 13.07.1997                           | 08.11.04,28                | 49° 52' 42,8"  | 78° 45' 36,4"  | 5000             | 630                                  | 1389                 |
| 03.08.1997                           | 08.07.20,04                | 49° 56' 28,2"  | 78° 47' 09,6"  | 25000            | 50                                   | 1311                 |
| 31.08.1997                           | 07.08.39,179               | 49° 53' 01,3"  | 78° 48' 53,1"  | 25000            | 300                                  | 1381                 |
| 28.09.1997                           | 07.30.15,126               | 49° 52' 45,9"  | 78° 50' 57,6"  | 25000            | 550                                  | 1349                 |
| 13.07.1998                           | 10.44.56,363               | 49° 52' 48,5"  | 78° 41' 31,4"  | 2028             | 20                                   | 1386                 |
| 14.07.1998                           | 05.11.35,570               | 49° 55' 53,3"  | 78° 47' 13,7"  | 2028             | 20                                   | 1327                 |
| 14.07.1998                           | 08.19.39,296               | 49° 54' 46,4"  | 78° 44' 55,6"  | 2028             | 20                                   | 1330                 |
| 14.08.1998                           | 04.26.52,815               | 50° 02' 08,4"  | 79° 00' 41,1"  | 2028             | 13                                   | 1409                 |
| 14.08.1998                           | 05.39.24,970               | 50° 03' 27,2"  | 78° 56' 19,3"  | 2028             | 2,5                                  | 1419                 |
| 15.08.1998                           | 02.40.59,116               | 49° 52' 20,6"  | 78° 38' 52,0"  | 2028             | 14                                   | 1383                 |
| 15.08.1998                           | 05.05.11,156               | 49° 52' 42,8"  | 78° 45' 36,4"  | 2028             | 9                                    | 1389                 |
| 17.09.1998                           | 07.19.40,551               | 49° 58' 51,7"  | 78° 45' 21,2"  | 25040            | 28                                   | 1071-bis             |
| Площадка Дегелен (Омега - 1,- 2,- 3) |                            |                |                |                  |                                      |                      |
| 22.08.1998                           | 05.00.18,904               | 49° 46' 00,0"  | 77° 59' 27,0"  | 100000           | 146                                  | 214                  |
| 25.09.1999                           | 05.00.05,85                | 49° 46' 54,68" | 77° 57' 58,68" | 100000           | 0                                    | 160-b                |
| 29.07.2000                           | 06.10.04,03                | 49° 46' 55,39" | 77° 57' 59,97" | 100000           | 6                                    | 160-c                |

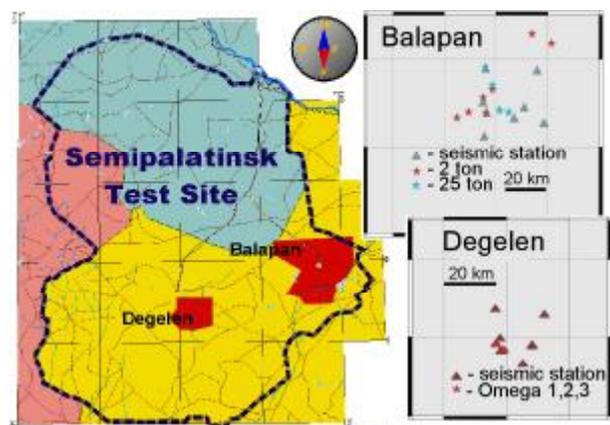


Рисунок 1. Расположение станций ближней зоны при взрывах на участках Балапан и Дегелен



Рисунок 2. Расположение стационарных и временных станций НЯЦ РК на период проведения калибровочных взрывов

**ГОДОГРАФ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ  
ОТ ХИМИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

На рисунке 2 дано расположение стационарных станций НЯЦ РК и временных станций Баян- Аул и Каркаралинск.

На всех приведенных станциях регистрация взрывов проводилась в цифровом виде.

Станции профиля Семипалатинский испытательный полигон (STS) - Боровое и Тянь-Шаньской сети показаны на рисунке 3. По профилю STS- Боровое были выставлены станции с аналоговой регистрацией сигналов на магнитную ленту, а станции Тянь-Шаньской сети регистрировали события в цифровом виде.

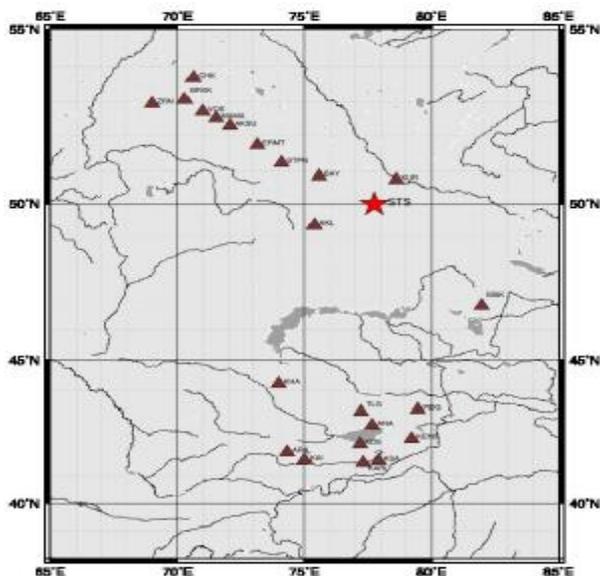


Рисунок 3. Станции профиля STS- Боровое и Тянь – Шаньской сети

Данные всех станций были собраны в Центре данных ИГИ НЯЦ РК и по ним созданы базы, в которые вошла информация о взрывах, о станциях регистрации, исходные цифровые записи событий и результаты их обработки. В таблице 2 дан перечень

станций, записи которых вошли в состав созданных баз данных. Видно, что слабые взрывы были зарегистрированы только станциями ближней зоны, наиболее сильные – большим числом станций разных сетей.

Обработка отобранных данных с целью построения годографов включала в себя интерпретацию волновой структуры записей – выделение и идентификацию сейсмических фаз, определение времен вступления различных сейсмических волн, особенно региональных сейсмических фаз в диапазоне расстояний до 1000 км.

Для анализа были выделены три группы данных, различающихся эпицентральным расстоянием и волновой картиной на сейсмограммах, соответственно. Первая группа – ближняя зона,  $\Delta = 0- 30$  км. Вторая группа – промежуточная зона,  $\Delta = 50- 300$  км. Третья группа – дальняя зона,  $\Delta$  до 1000 км.

На рисунке 4 приведен пример записей двух калибровочных взрывов станциями ближней зоны. По записям ближней зоны определялись времена вступления фаз P, S и Rg. Далее, как отдельно для каждой площадки Балапан, Дегелен, так и для обеих вместе, были построены годографы сейсмических волн. На рисунке 5 приведены годографы и средние скорости для совместных годографов обеих площадок. Отмечено, что разброс данных для площадки Дегелен значительно меньше, чем для площадки Балапан.

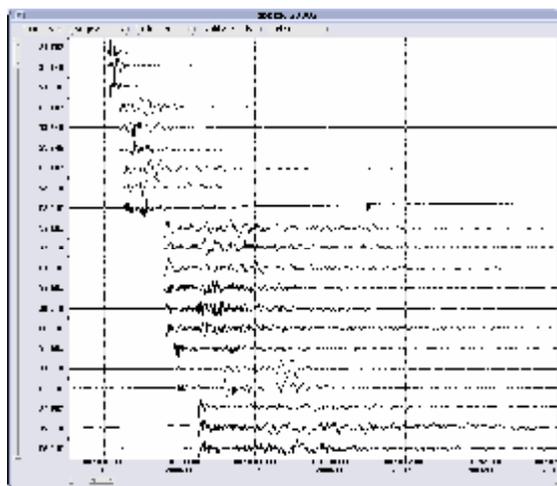
Этот факт может быть объяснен относительно большей однородностью станционных условий площадки Дегелен. На площадке Балапан грунтовые условия в местах установки сейсмоприемников варьируют значительно. Определены и приведены на рисунке 5 средние скорости сейсмических волн P, S и Rg отдельно для каждой площадки, а также в целом для полигона.

Таблица 2. Характеристика базы данных по химическим взрывам на СИП (1997-2000 гг.)

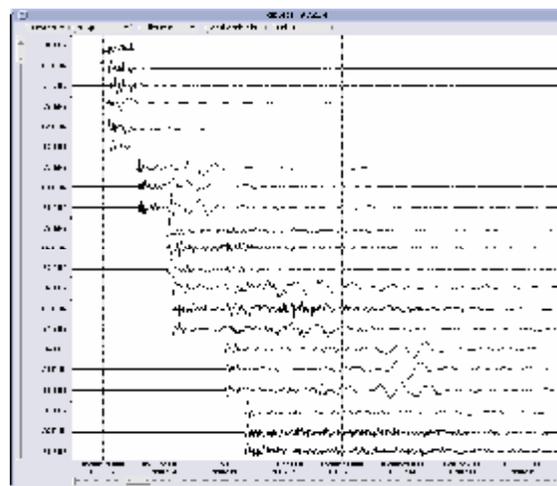
| Дата взрыва             | Время взрыва по GMT | Масса заряда, кг | Перечень станций, зарегистрировавших взрывы |  |                    |          |
|-------------------------|---------------------|------------------|---|--|--------------------|----------|
|                         |                     |                  | в ближней зоне                              | сети НЯЦ РК  | Тянь-Шаньской сети | Другие   |
| <i>Площадка Балапан</i> |                     |                  |   |  |                    |          |
| 06.07.1997              | 09.32.46,0          | 52,0             | S3, S6                                      | --   | --                 | --       |
| 06.07.1997              | 12.44.05,40         | 51,2             | S3, S6, S8                                  | --   | --                 | --       |
| 07.07.1997              | 11.40.49,80         | 106,8            | S7, S8                                      | --   | --                 | --       |
| 07.07.1997              | 07.27.38,2          | 91,2             | S6, S7, S8                                  | --   | --                 | --       |
| 07.07.1997              | 07.56.49,6          | 91,2             | S7, S8                                      | --   | --                 | --       |
| 13.07.1997              | 08.11.08,799        | 5000             | S1, S2, S3, S4, S8, S7, S8, S9              | CROSS-ARRAY  | --                 | --       |
| 03.08.1997              | 08.07.20,04         | 25000            | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9                  | AKT, BRVK, CHK, KUR, MAK, TLG, VOS, ZRN, CROSS-ARRAY | --                 | --       |
| 31.08.1997              | 07.08.39,179        | 25000            | S1, S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9              | AKT, BRVK, CHK, KUR, MAK, TLG, VOS, ZRN, CROSS-ARRAY | --                 | BAY      |
| 28.09.1997              | 07.30.15,126        | 25000            | S1, S2, S3, S6, S7, S8, S9                  | AKT, BRV, CHK, KUR, MAK, TLG, VOS, ZRN, CROSS-ARRAY  | --                 | BAY, KKL |

**ГОДОГРАФ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ  
ОТ ХИМИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

| Дата взрыва             | Время взрыва по GMT | Масса заряда, кг | Перечень станций, зарегистрировавших взрывы |  |                      |   |
|-------------------------|---------------------|------------------|---|--|----------------------|---|
|                         |                     |                  | в ближней зоне                              | сети НЯЦ РК  | Тянь-Шаньской сети   | Другие                                      |
| 13.07.1998              | 10.44.56,363        | 2028             | S4, S7, S8, S9                              | KUR, CROSS-ARRAY   | --                   | --  |
| 14.07.1998              | 05.11.35,570        | 2028             | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9                  | KUR, CROSS-ARRAY   | --                   | --  |
| 14.07.1998              | 08.19.39,296        | 2028             | S2, S3, S4, S6, S7, S9                      | KUR, CROSS-ARRAY   | --                   | --  |
| 14.08.1998              | 04.28.52,815        | 2028             | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9                  | KUR, CROSS-ARRAY   | --                   | --  |
| 14.08.1998              | 05.39.24,970        | 2028             | S2, S3, S4, S7, S8, S9                      | KUR, CROSS-ARRAY   | --                   | --  |
| 14.08.1998              | 07.44.11,545        | 223              | S2, S3, S4, S6, S8                          | --   | --                   | --  |
| 15.08.1998              | 02.40.59,116        | 2028             | S1, S2, S3, S4, S6, S7, S9                  | KUR, CROSS-ARRAY   | --                   | --  |
| 15.08.1998              | 01.09.23,890        | 100              | S1, S2, S3, S4, S6, S7, S9                  | --   | --                   | --  |
| 15.08.1998              | 05.05.11,156        | 2028             | S1, S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9              | KUR, CROSS-ARRAY   | --                   | --  |
| 17.09.1998              | 07.19.40,551        | 25040            | S2, S3, S4, S6, S7, S8, S9                  | AKT, BRVK, CHK, KUR, TLG, VOS, ZRN, MAKZ, CROSS-ARRAY      | KHA, KSA             | BAY, KKL, KNET                              |
| <i>Площадка Дегелен</i> |                     |                  |   |  |                      |   |
| 22.08.1998              | 05.00.18,904        | 100000           | S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7                  | AKT, BRVK, CHK, KUR, MAK, MAKZ, PDG, VOS, ZRN, CROSS-ARRAY | ANA, KSA             | BAY, KKL, AKSU, DEG, ERMT, MAMA, STPN, KNET |
| 25.09.1999              | 05.00.06,0          | 100000           | S1, S3, S5, S6, S7                          | BRVK, KUR, MAKZ, PDG, TLG, CROSS-ARRAY                     | KENS, KHA, KSA, KARL | --  |
| 29.07.2000              | 06.10.04,25         | 100000           | S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7                  | CHK, MAKZ, TLG, VOS, ZRNK, CROSS-ARRAY                     | --                   | --  |



**а**



**б**

*Рисунок 4. Пример записей калибровочных взрывов станциями ближней зоны: а - Омега-1, б - Омега-3*

В промежуточной зоне относительно взрывов находились сейсмическая группа Курчатов-Крест, сейсмостанция Курчатов, временные сейсмические станции Баян-Аул и Каркаралинск. На рисунке б показаны записи взрыва Омега-1, полученные сейсмической группой Курчатов – Крест и сейсмической станцией Курчатов на расстоянии немногим более 100 км. На этих записях четко выделяются два вступления в Р- волнах и два – в S – волнах. После вто-

рой S- волны отмечены интенсивные поверхностные волны. В записях 25 –тонных взрывов, произведенных на площадке Балапан, такие вступления также выделяются, но они видны менее четко. Как выяснилось при последующем анализе [1], это - волны, отраженные от границы Мохоровичича Р<sub>m</sub> и S<sub>m</sub>, которые чрезвычайно редко удается столь четко наблюдать на сейсмограммах. Мы четко зарегистрировали их на записях всех взрывов Омега.

**ГОДОГРАФ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ  
ОТ ХИМИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

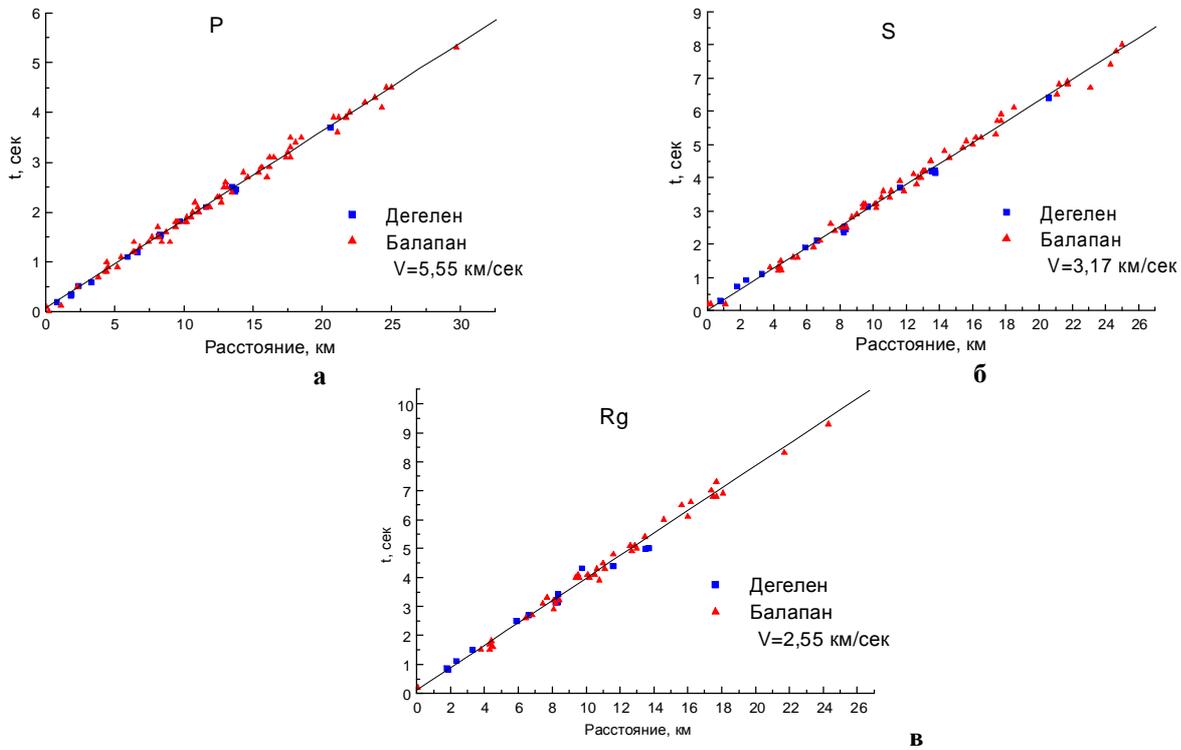


Рисунок 5. Годографы волн в ближней зоне: а - P, б - S, в - Rg

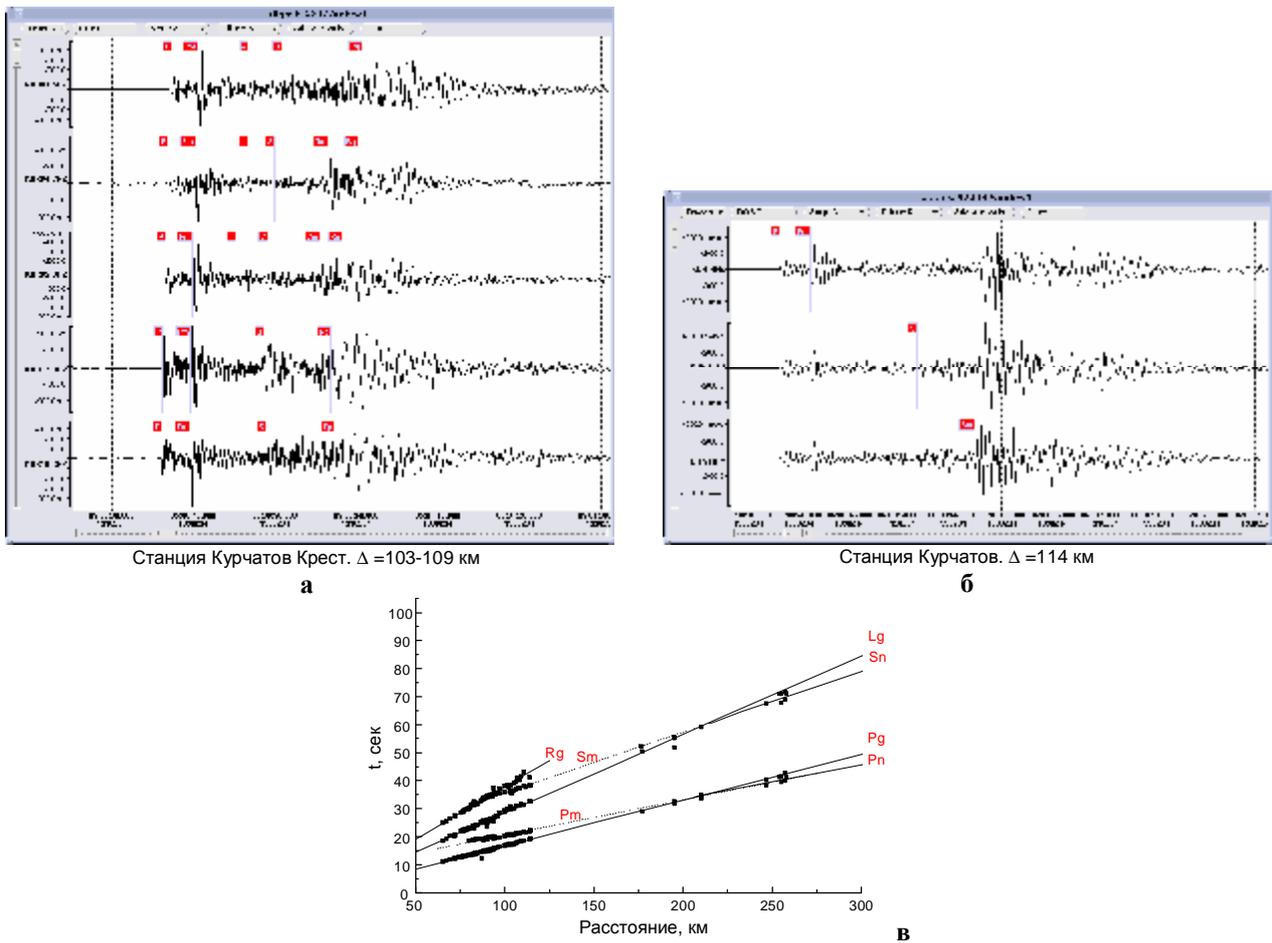


Рисунок 6. Примеры записей (а, б) и годографов (в) сейсмических волн в промежуточной зоне

К наиболее интересной части годографа относятся данные станций Каркаралинск и Баян – Аул, в пределах расстояний 180- 250 км, где происходит смена типов волн, вступающих на записи первыми. В Р- волнах наблюдается очень сложная картина. Сначала - малоинтенсивное низкочастотное вступление, затем - высокочастотная  $P_n$  - волна. Максимальные колебания в группе Р связаны с  $P_g$  – волной. В группе S- волн – сначала вступает волна  $S_n$ , отличающаяся в основном спектральным составом от колебаний в коде Р-волн. Самая интенсивная -  $L_g$ -волна. На рисунке 6 показан фрагмент годографа для этого диапазона расстояний.

Интересные факты в волновой картине были зафиксированы на некоторых станциях в дальней зоне. Например, станцией Талгар, расположенной примерно в 700 км от места взрывов. Отмечено интенсивное второе вступление после  $P_n$ -волны, но до вступления  $P_g$ -волны. Для изучения этой фазы дополнительно были собраны архивные записи станцией Талгар ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне в 1964-1975 гг., проведенных на площадках Дегелен, Балапан и Муржик. Удалось установить, что эта волна выделяется на всех записях станции независимо от расположения меставзрыва. На рисунке 7 показан фрагмент годографа по волне  $P_2$ .

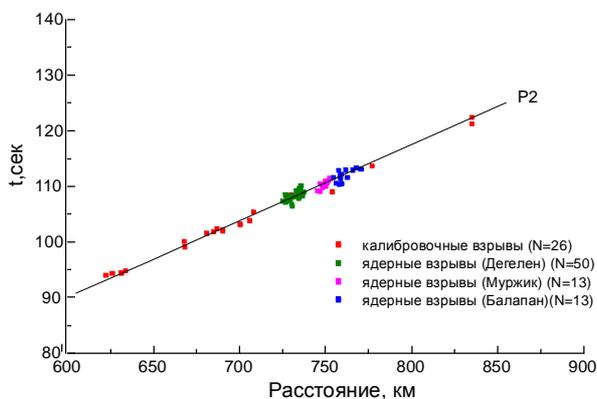


Рисунок 7. Годограф волны  $P_2$ . Дальняя зона

Скорее всего, путь распространения этой волны связан со слоями в нижней части земной коры.

На основе проведенных измерений времен вступлений и их анализа удалось построить годографы всех региональных фаз, в значительной степени уточняющих годограф, построенный ранее по 3 взрывам, проведенным в 1998 г.[1]. В данном случае в дальней зоне регистрировались взрывы серии Омега, в промежуточной – 25-тонные взрывы на

площадке Балапан и взрывы серии Омега, в ближней зоне – все взрывы. Сводный годограф по серии взрывов 1997-2000 гг. на Семипалатинском испытательном полигоне приведен на рисунке 8.

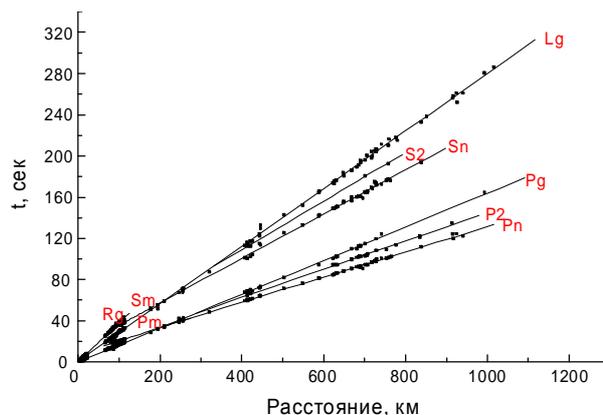


Рисунок 8. Сводный годограф по результатам регистрации калибровочных взрывов

Из рисунка 8 видно, что некоторые расстояния обеспечены информацией о временах пробега недостаточно представительно. Поэтому годографы были дополнены результатами собственных измерений времен пробега по имеющимся архивным записям ядерных и калибровочных взрывов других организаций. Была использована следующая информация:

- записи ядерных взрывов Семипалатинского испытательного полигона специально установленными станциями Комплексной сейсмической экспедиции Института Физики Земли (КСЭ ИФЗ), расположенными на территории Казахстана и Центральной Азии. Используются записи 33 станций по 65 событиям. Записи были сделаны аналоговой аппаратурой с регистрацией на бумажный носитель (РВЗТ, КСЭ и СКМ);
- записи ядерных взрывов и калибровочных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне станциями Института сейсмологии МОН РК. Используются записи 27 станций по 44 событиям. Сейсмограммы были зарегистрированы на фотобумагу аппаратурой СКМ.

На рисунке 9 приведены годографы  $P_n$ ,  $P_g$ ,  $S_n$ ,  $L_g$ , дополненные результатами обработки этих архивных записей. Как видно из приведенных годографов, отдельные станции находились на расстояниях 1500 км от взрывов.

**ГОДОГРАФ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ  
ОТ ХИМИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

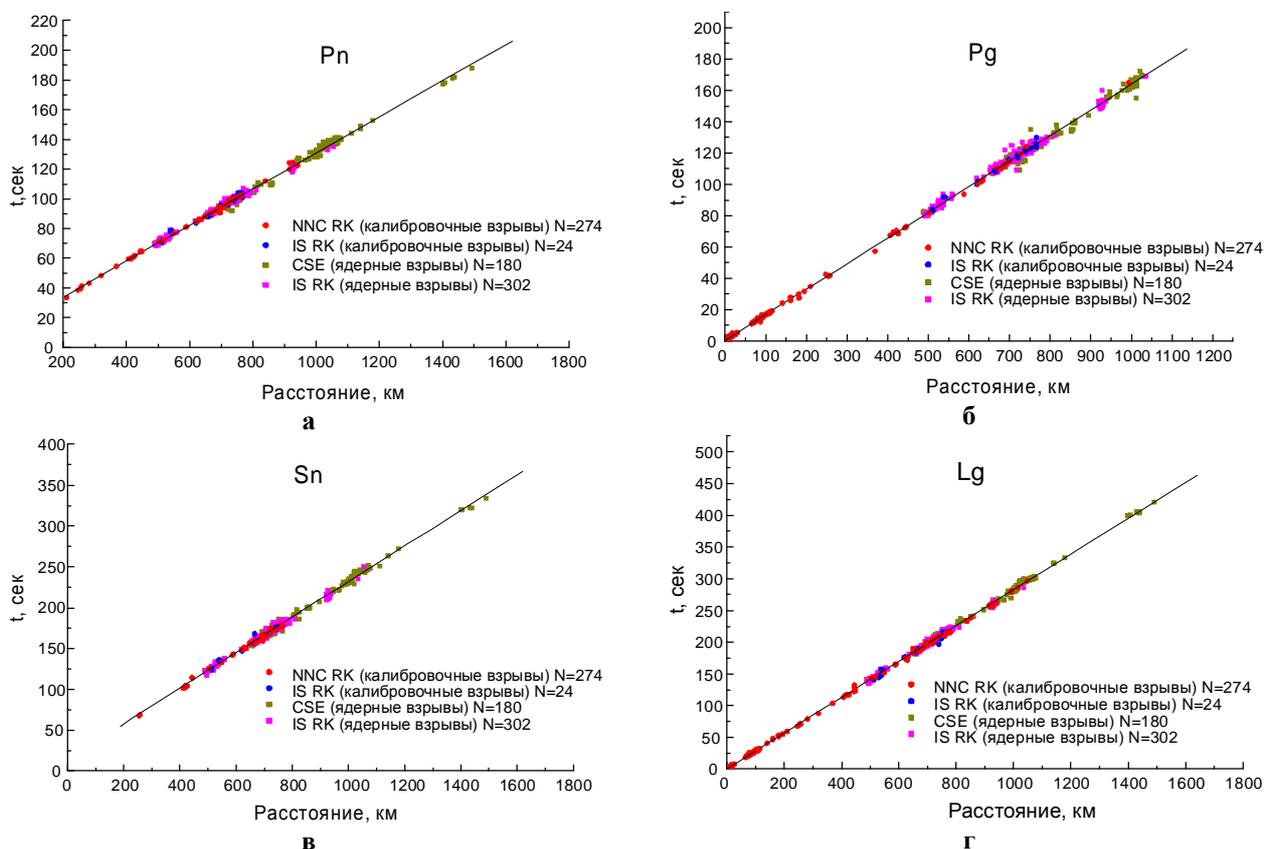


Рисунок 9. Годографы основных типов волн по комплексу данных химических и ядерных взрывов

Годографы всех основных региональных типов волн строились с использованием линейного регрессионного анализа данных и рассчитывались так, чтобы достичь наилучшего приближения оцениваемой прямой линии к наблюдаемым значениям, т.е. получения минимального среднеквадратичного отклонения значений времен пробега от осредняющей линии годографа.

Времена пробега основных региональных сейсмических фаз в зависимости от эпицентрального расстояния могут быть представлены следующими уравнениями, приведенными в нижеследующей таблице 3.

Таблица 3. Уравнения годографов основных типов сейсмических волн

| Фаза | Расстояние, км  | Уравнение  |
|------|-----------------|--|
| Pn   | 200 – 1500      | $9,55 + 0,12 \cdot \Delta$                         |
| Pg   | 0-30<br>30-1050 | $0,12 + 0,18 \cdot \Delta$<br>$0,57 + 0,16 \Delta$ |
| Sn   | 200-1500        | $14,13 + 0,22 \Delta$                              |
| Lg   | 0-30<br>30-1500 | $0,09 + 0,31 \cdot \Delta$<br>$0,31 + 0,28 \Delta$ |

Проведено сопоставление полученных годографов с другими годографами, используемыми при рутинной обработке землетрясений Казахстана для глубин событий 0 км. К ним относятся:

- во-первых, годограф IASPEI-91, который введен в программные пакеты для обработки данных;
- во-вторых, годограф КСЭ, построенный Нерсесовым И.Л. и Раутиан Т.Г. [2] по так называемому Большому профилю, работы по которому были выполнены КСЭ ИФЗ СССР;
- в-третьих, годографы, полученные Кириченко В.В. и Краевым Ю.А. [3] в работах по использованию подземных ядерных взрывов для сейсмической калибровки центральной части Северной Азии. Авторы данной статьи также участвовали в этих работах, и поэтому результаты по ядерным взрывам частично перекрываются.

В процессе сопоставительного анализа был выявлен факт различия годографов IASPEI-91 для региональных расстояний, заложенных в разные программные пакеты, используемые в Центрах данных. Так, в программных комплексах Geotool и Seatool использован один вариант годографа, в программных комплексах DATASCOPE и Antelope – другой вариант годографа IASPEI-91. Этот факт в результате нашего замечания был специально исследован в Международном центре данных (IDC).

Годограф, описанный в данной работе, удовлетворительно согласуется с одним из вариантов годографа IASPEI-91 (в составе Geotool), тогда как с другим (в составе Antelope) – существенно расходится. Учитывая это, далее проведено сопоставле-

**ГОДОГРАФ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ  
ОТ ХИМИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

ния годографов - полученного и IASPEI-91 по его версии в программном комплексе Geotool. На рисунке 10 приведены результаты этого сопоставления, а на рисунке 11 показано отклонение времен пробега волн по полученному годографу от трех других - Нерсесов И.Л., Раутиан Т.Г., 1964; IASPEI, 1991; Кириченко В.В. и Краев Ю.А, 2002. Сопоставление дало следующие результаты.

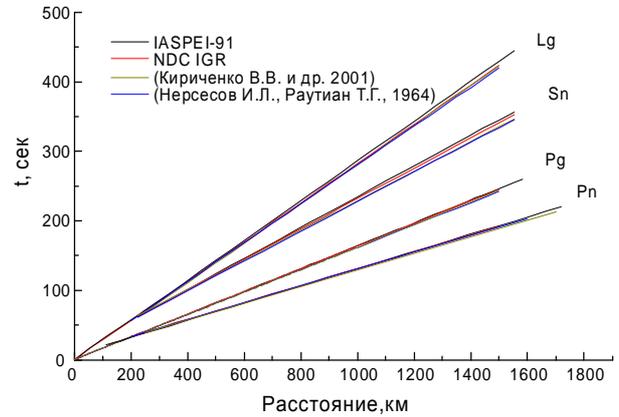


Рисунок 10. Сопоставление различных годографов

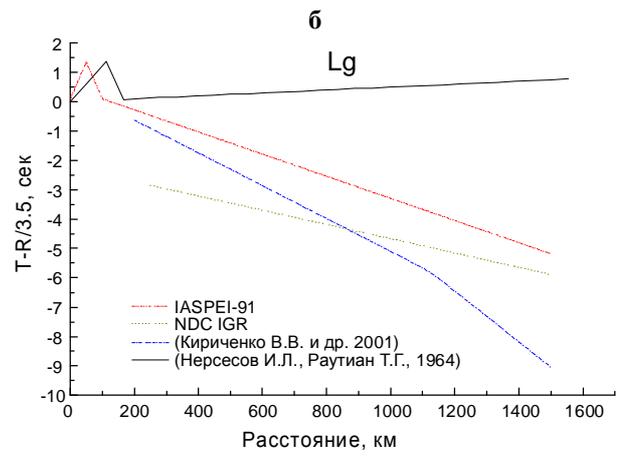
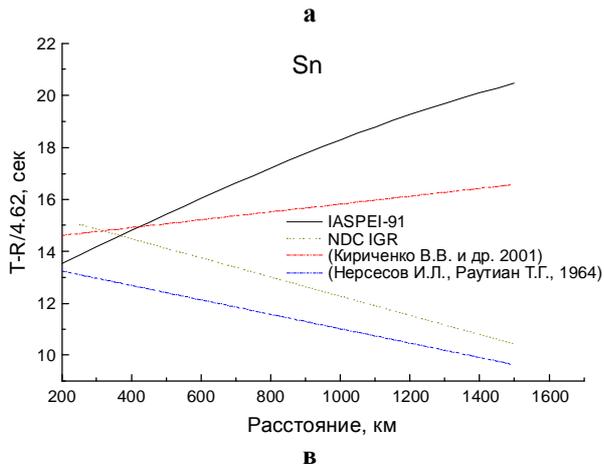
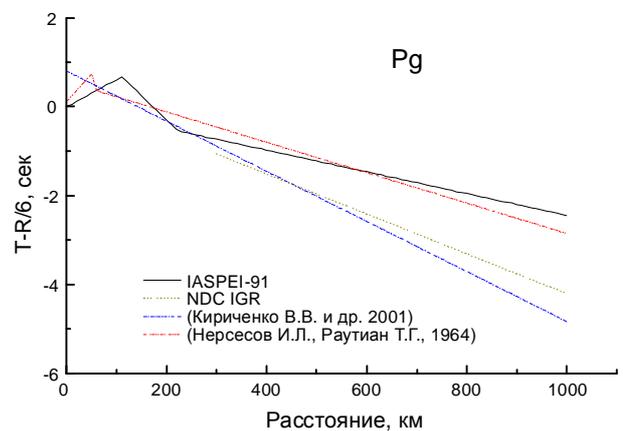
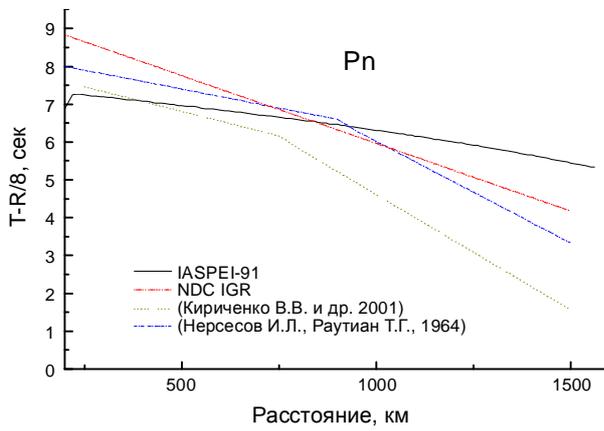


Рисунок 11. Региональные годографы и годограф IASPEI-91

Все годографы Pn – волны (Рис.11 а) на расстояниях до 1200 км различаются незначительно - в пределах 2-3 с. Для Pg – волны (Рис. 11 б), скорость которой характеризует среднюю скорость в земной коре, наблюдаются также небольшие различия, не превышающие 2 с при  $\Delta = 1000$  км. Времена пробега Sn и Lg – волн (Рис. 11 в, г) характеризуются большим разбросом и большими отклонениями трех региональных годографов от годографа IASPEI-91.

Для всех региональных годографов характерна скорость большая, чем у годографа IASPEI-91.

Для полученных годографов были вычислены модельные ошибки как среднеквадратичное отклонение экспериментальных значений от оцениваемой прямой, рассчитанные в скользящем 2-градусном окне с 50% перекрытием. Значения модельных ошибок приведены на рисунке 12.

**ГОДОГРАФ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ  
ОТ ХИМИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

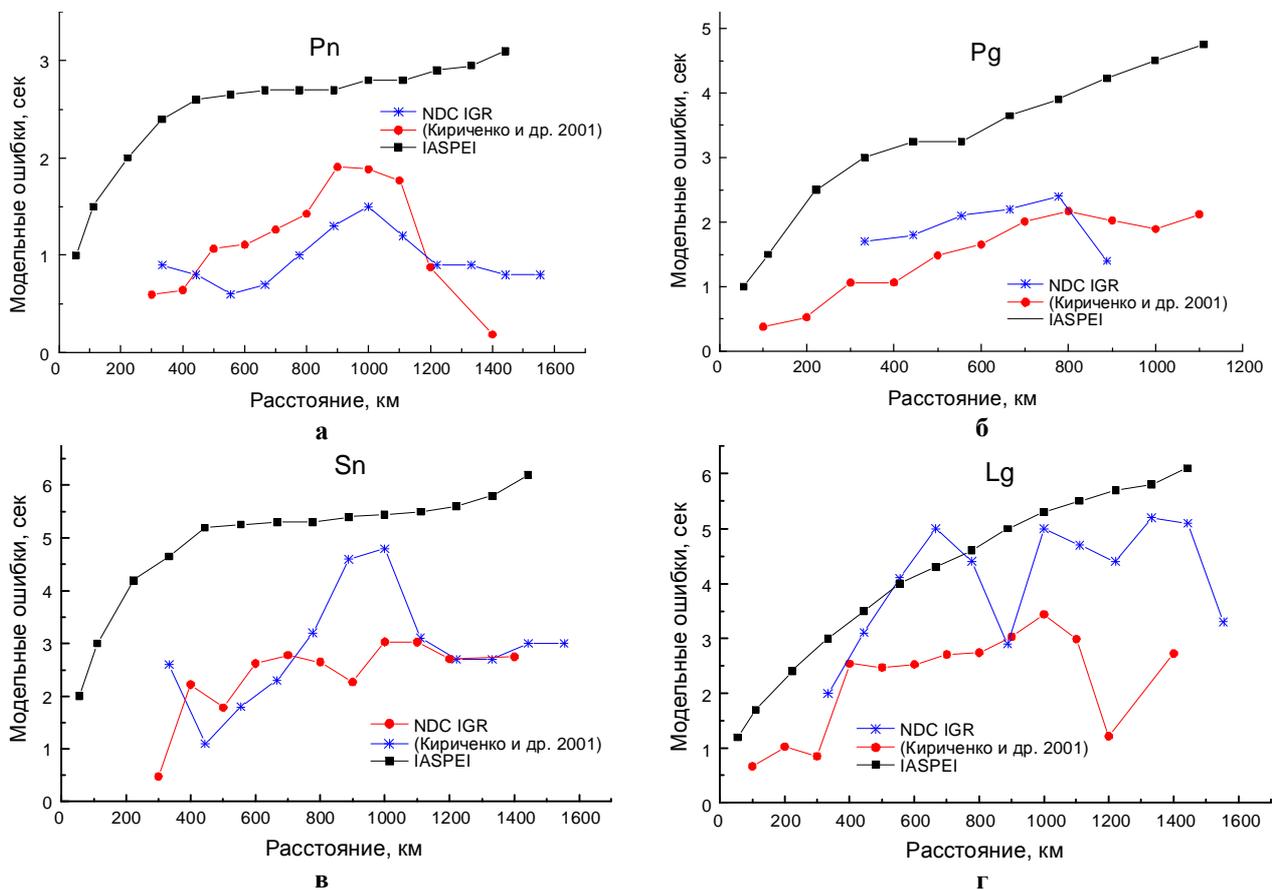


Рисунок 12. Сравнение модельных ошибок различных годографов на региональных расстояниях

Как видно из рисунка 12, во всем исследуемом диапазоне расстояний от 20 до 1500 км модельные ошибки нового годографа оказались значительно меньше, чем годографа IASPEI-91, и аналогичны рассчитанным в [3].

Таким образом, в результате работ, проведенных в Институте геофизических исследований НЯЦ РК

- собран и архивирован большой объем цифровых записей и оцифрованных аналоговых записей калибровочных взрывов 1997-2000 гг. на региональных расстояниях;
- проведена полная обработка всех региональных сейсмических фаз по всем записям. Результаты обработки представлены в формате сейсмологического бюллетеня и базы данных DATASCOPE. Записи и результаты обработки могут быть использованы для дальнейших научных исследований;
- построены сводный годограф региональных сейсмических волн как отдельно по данным химических взрывов, так и совместно с данными по ядерным взрывам, произведенным на Семипалатинском испытательном полигоне;

- установлено различие в годографе IASPEI-91 на региональных расстояниях в разных программных пакетах, используемых в Центре данных при рутинной обработке. Проведено сопоставление построенного годографа с IASPEI-91 в составе программного комплекса Geotool, более близкого к построенному нами региональному годографу;
- путем сопоставления построенного годографа с другими региональными годографами показана их близость между собой в пределах расстояний до 1000 км, особенно в продольных волнах;
- применением годографов для обработки записей известных взрывов установлено, что наш региональный годограф позволяет приблизить расчетный эпицентр к истинному относительно IASPEI-91 в среднем на 12,5 км;
- выделены дополнительные сейсмические фазы, не отраженные в предыдущих версиях регионального годографа (Pm, Sm, P2 ) и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. N.N.Belyashova, V.I. Shacilov, N.N.Mikhailova et al. On the Use of Calibration Explosions at the Former Semipalatinsk Test Site for Compiling a Travel – Model of the Crust and Upper Mantle // Pure and Applied Geophysics (PAGEOPH). Birkhauser Verlag, Basel, 2001/ P.193 – 209Алексеев А.С., Рябой В.З. Модель строения верхней мантии по объемным сейсмическим волнам/.Строение земной коры и верхней мантии по данным сейсмических исследований – Киев: Наукова думка, 1977 - с. 67-83.
2. Нерсесов И.Л., Раутиан Т.Г. Кинематика и динамика сейсмических волн на расстояниях до 3500 км. // Труды Института физики Земли АН СССР. №32 .Москва, 1964. С.63-87.
3. Кириченко В.В., Краев Ю.А. Использование подземных ядерных взрывов, проведенных на Семипалатинском испытательном полигоне, для сейсмической калибровки Центральной части Северной Евразии. Вестник НЯЦ РК «Геофизика и проблемы нераспространения», выпуск 2. 2001.С. 64-71.

#### СЕМЕЙ СЫНАУ ПОЛИГОНЫНДАҒЫ ХИМИЯЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАРДАН БОЛҒАН СИГНАЛДАРЫҢ ТІРКЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ БОЙЫНША СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ГОДОГРАФТАРЫ

**Н.Н. Михайлова, И.Л. Аристова, Т.И. Германова**

*ҚР Ұлттық ядрлық орталығының Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов қ.*

Семей сынау полигонындағы күшті химиялық жарылыстарын өткізүінде, стационарлы және уақытша сейсмикалық санциялармен цифрлы сейсмикалық деректердің үлкен көлемі алынған. Жазбалар жиналған, жүйеге келтірілген және өңделген, деректер базасы жасалған. Pn, Pg, Sn, Lg аймақтық сейсмикалық толқындардың годографтары салынған және олар, жер сілкінулердің жазбаларын ескішіл өңдеу практикасында қолданатын годографтармен салыстырылған.

#### SEISMIC WAVES TRAVEL-TIME CURVE,BASING ON THE RESULTS OF SIGNAL DETECTIONFROM CHEMICAL EXPLOSIONS DETONATED AT SEMIPALATINSK TEST SITE

**N.N. Mikhailova, I.L. Aristova, T.I. Germanova**

*Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov*

A large amount of digital seismic data from the permanent and temporary seismic stations was acquired in the result of detonation of large chemical explosions at Semipalatinsk Test Site. All the records were collected, systematized and processed, and databases were created. Travel-time curves for regional Pn, Pg, Sn and Lg waves were created and compared with the ones used in routine earthquake processing practice.