

УДК [550.34:(621.039.9+541.126)] (574.41)

## ИЗУЧЕНИЕ ВАРИАЦИЙ ПОЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В РАЙОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ ПО ЗАПИСЯМ ЯДЕРНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ

<sup>1)</sup>Копничев Ю.Ф., <sup>2)</sup>Соколова И.Н.

<sup>1)</sup>Объединенный институт физики Земли РАН, г. Москва

<sup>2)</sup>Институт геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан, г. Алматы

По записям более 200 подземных ядерных и химических калибровочных взрывов, полученным в 1964 - 2000 гг. станциями Талгар, TLG (Северный Тянь-Шань), Курчатов, KURK (Восточный Казахстан), Боровое, BRVK (Кокчетавский массив), Гарм, GRM (Южный Тянь-Шань), расположенными на расстояниях 77-1400 км от эпицентральной зоны явлений, изучены временные вариации отношения амплитуд волн Lg и Pg, Lg и P. Установлено, что данные параметры изменяются во времени существенно различным образом для разных трасс. Сделано предположение, что пространственно-временные вариации поля поглощения сейсмических волн связаны с подъемом ювенильных флюидов по крупным глубинным разломам, обусловленным длительным воздействием мощных подземных ядерных взрывов.

Ранее [1,2] рассмотрены пространственно-временные вариации поля поглощения поперечных волн в районе Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИП) по записям калибровочных химических и подземных ядерных взрывов (ПЯВ). В настоящей работе, продолжающей эти исследования, анализируются вариации поля поглощения в большем районе Центральной Азии, включающем Казахскую платформу и Тянь-Шань.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Обработаны сейсмограммы более 200 подземных ядерных взрывов, произведенных в районе СИП в 1964-1989 гг., а также калибровочных химических взрывов, проводившихся здесь в 1997-2000 гг. [3]. Сейсмограммы получены станциями (рисунок 1) KURK (СИП), BRVK (Кокчетавский массив), TLG (Северный Тянь-Шань), GRM (Южный Тянь-Шань).

Для регистрации сейсмограмм на станции KURK в разное время использовалась следующая аппаратура: до 1989 г - аналоговая установка СКМ-III, с 1997 г по 2000 г - широкополосная трехкомпонентная сейсмическая станция DAS Reftek с сейсмометром STS-2. Некоторые обработанные записи событий получены широкополосной трехкомпонентной станцией IRIS/IDA, сейсмометр STS-1. На сейсмической станции BRVK до 1989 г. записи выполнялись цифровой станцией с сейсмометром СКМ-III; в период 1997 -1999 гг. - сейсмической станцией DAS Reftek, сейсмометр STS-2; в 1999-2000 гг. - сейсмической станцией Quanterra Q680, сейсмометр STS-2. На станции TLG использовалась аналоговая установка СКМ-III (СМ-2) и на станции GRM - аналоговая частотно-избирательная станция ЧИСС [4].

Эпицентральные расстояния варьировались от 77 км (станция KURK) до 1408 км (станция GRM).

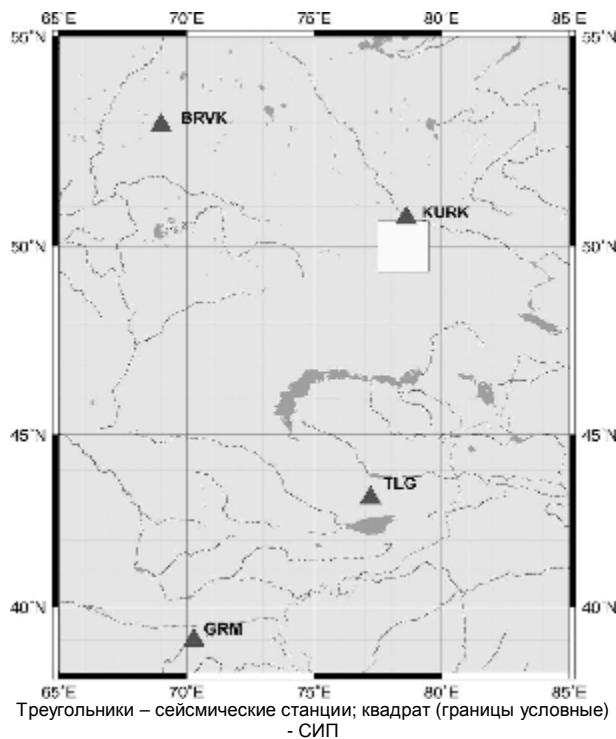


Рисунок 1. Район исследований

### МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

В связи с тем, что поглощение поперечных волн в литосфере и астеносфере существенно зависит от частоты колебаний [5], была проведена частотная фильтрация записей. Использовался фильтр с центральной частотой 1.25 Гц и шириной полосы 2/3 октавы на уровне 0.7 от максимума, аналогичный ЧИСС-фильтру.

Анализировались амплитудные характеристики регулярных волн (P, Pg, Lg), а также S- и Lg- коды. Как известно, волны Pg и Lg формируются за пределами отраженными от границ земной коры P- и S-волнами, а коды S- и Lg- волн - отражениями попе-

речных волн от многочисленных субгоризонтальных границ в земной коре и верхней мантии [5, 6]. В связи с этим, логарифмы отношения амплитуды волн Lg и P(Lg/P), Lg и Pg (Lg/Pg) характеризуют степень поглощения поперечных волн в земной коре на всей трассе от очага до станции наблюдения. Скорость затухания амплитуд в группе Lg на сравнительно малых временах после достижения максимума также служит мерой поглощения S-волн в земной коре. В то же время «далекая» кода S- и Lg-волн характеризует поглощение поперечных волн в верхней мантии [5].

#### АНАЛИЗ ДАННЫХ

На рисунке 2 показаны общие огибающие S-коды, построенные по записям станции KURK двух подземных ядерных взрывов, а также двух калибровочных химических взрывов, произведенных на площадке Балапан (рисунок 3) в 1988 г. и 1997 г., соответственно. Видно, что в интервале от 140 до 300 с скорость затухания амплитуд в коде резко уменьшилась в 1997 г по сравнению с 1988 г. Это свидетельствует о существенном уменьшении поглощения S-волн в верхней мантии района СИП на глубинах более 300 км.



Рисунок 2. Общие огибающие S-коды для ПЯВ и химических взрывов на площадке Балапан (время  $t$  отсчитывается от начала излучения в очаге)

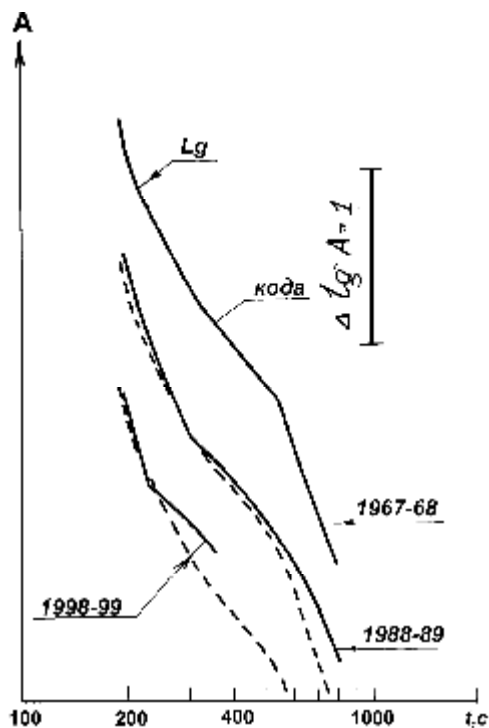


1 – территория СИП; 2 – площадки (М – Муржик, D – Дегелен, В – Балапан); 3 – границы области температурной аномалии, выявленной в 1997 и 1999 гг.; 4 – главные зоны глубинных разломов (а – Чинрауская, б – Калба-Чингизская, с – Главная Чингизская); 5 – наиболее крупные карьеры в окрестности СИП; 6 – эпицентры местных землетрясений; 7 – сейсмическая станция.

Рисунок 3. Семипалатинский испытательный полигон с прилегающими территориями

На рисунке 4 приведены общие огибающие Lg-волны и коды для записей подземных ядерных и химических взрывов на площадке Дегелен, полученных станцией BRVK. Из рисунка следует, что по сравнению с 1967-1968 гг. скорость затухания амплитуд в 1988-1989 гг. заметно увеличилась в группе волн Lg и одновременно уменьшилась в коде Lg. Еще слабее амплитуды в коде затухают на записях, полученных в 1998-1999 гг. Эти данные свидетельствуют о закономерном увеличении со временем среднего поглощения поперечных волн в земной коре и уменьшении поглощения в верхней мантии для трассы Дегелен - BRVK. Отметим, что вывод об увеличении эффективной добротности в верхней мантии согласуется с данными о возрастании средней скорости P-волн на трассе от СИП до станции BRVK в 1964-1989 гг., полученными В.А. Аном и др. [7].

Рисунок 5 иллюстрирует изменение формы огибающих группы волн Lg и коды для взрывов на СИП, записанных станцией TLG. Видно, что по сравнению с 60-ми годами, в конце 80-х годов резко увеличилась скорость затухания амплитуд в группе волн Lg для трассы Дегелен-TLG. При этом скорость затухания амплитуд в коде практически не изменилась. Для трассы Балапан-TLG наблюдалось увеличение скорости затухания амплитуд в группе Lg и, одновременно, – существенное уменьшение в коде Lg.



Пунктир – огибающая для записей ПЯВ, произведенных в 1967-1968 гг.

Рисунок 4. Общие огибающие группы волн Lg и коды для записей ПЯВ и химических взрывов, произведенных на площадке Дегелен. Станция BRVK

На рисунке 6 показаны графики изменения во времени средних значений параметра Lg/Pg для ПЯВ, произведенных на разных площадках СИП, по данным станции BRVK. При построении этой зависимости использовано в общей сложности 170 записей ПЯВ и 6 записей химических взрывов. Для площадки Муржик, самой близкой к станции BRVK, наблюдаются максимальные значения отношения Lg/Pg. Для трассы Дегелен - BRVK значения параметра Lg/Pg,

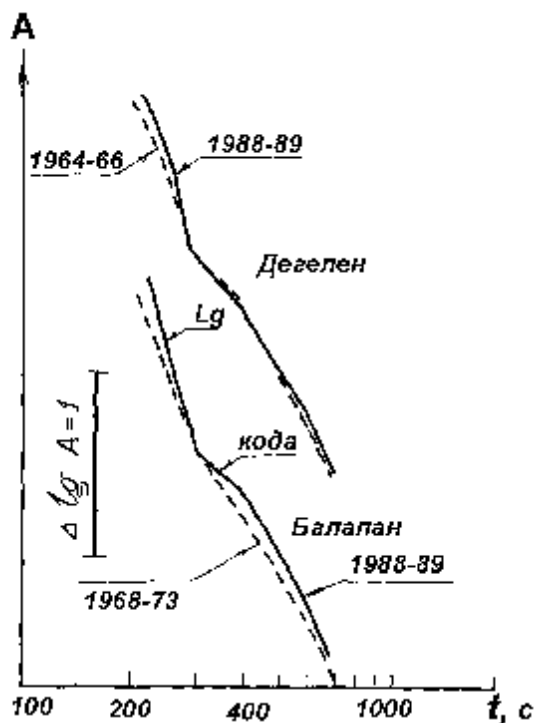


Рисунок 5. Общие огибающие группы волн Lg и коды записей ПЯВ, произведенных на площадках Дегелен и Балапан. Станция TLG

осциллируют, но в целом величина параметра заметно выросла по сравнению с периодом конца 60-х - конца 80-х годов. Кажущееся противоречие с данными, приведенными на рисунке 4, видимо, связано с тем, что волны, формирующие максимум в группе Lg из-за рефракции, распространяются в основном в нижней части земной коры, а более поздние фазы Lg проходят относительно большую часть пути в верхней части земной коры.

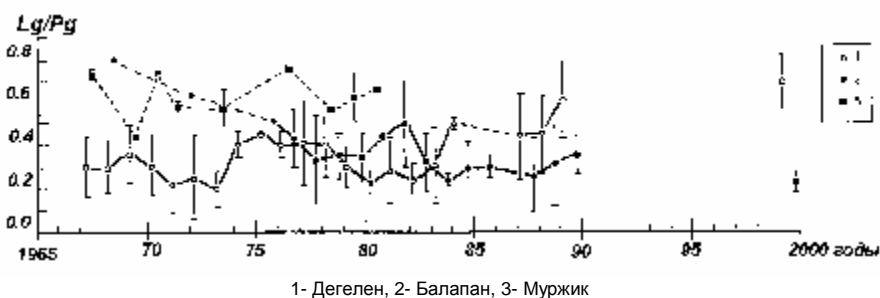


Рисунок 6. Зависимость среднего значения и дисперсии параметра Lg/Pg от времени для ПЯВ и химических взрывов, произведенных на разных площадках СИП. Станция BRVK

Для трассы Балапан - BRVK в течение срока, приведенного на рисунке 6, значения  $Lg/Pg$  заметно упали. Интересно, что эта тенденция проявилась и по данным калибровочных взрывов – в конце 90-х годов средние величины  $Lg/Pg$  для площадки Дегелен были выше на 0.45 ед. лог., чем для площадки Балапан.

Следует отметить, что в целом эти данные согласуются с результатами, полученными ранее для ПЯВ, зарегистрированных станцией TLG [2].

По станции GRM были обработаны 124 записи ПЯВ. Из рисунка 7 видно, что форма записей взры-

вов на площадке Дегелен существенно изменяется со временем. В первую очередь, это касается относительного уровня фаз, сформированных продольными и поперечными волнами P, Sn, Lg. На рисунке 8 представлен график зависимости параметра  $Lg/P$  от времени. Из него следует, что величины  $Lg/P$  в целом растут с середины 60-х до середины 80-х годов (примерно на 0.5-0.6 ед. лог.), а далее, в 1987-1989 гг., резко убывают (на 0.3-0.4 ед. лог.).

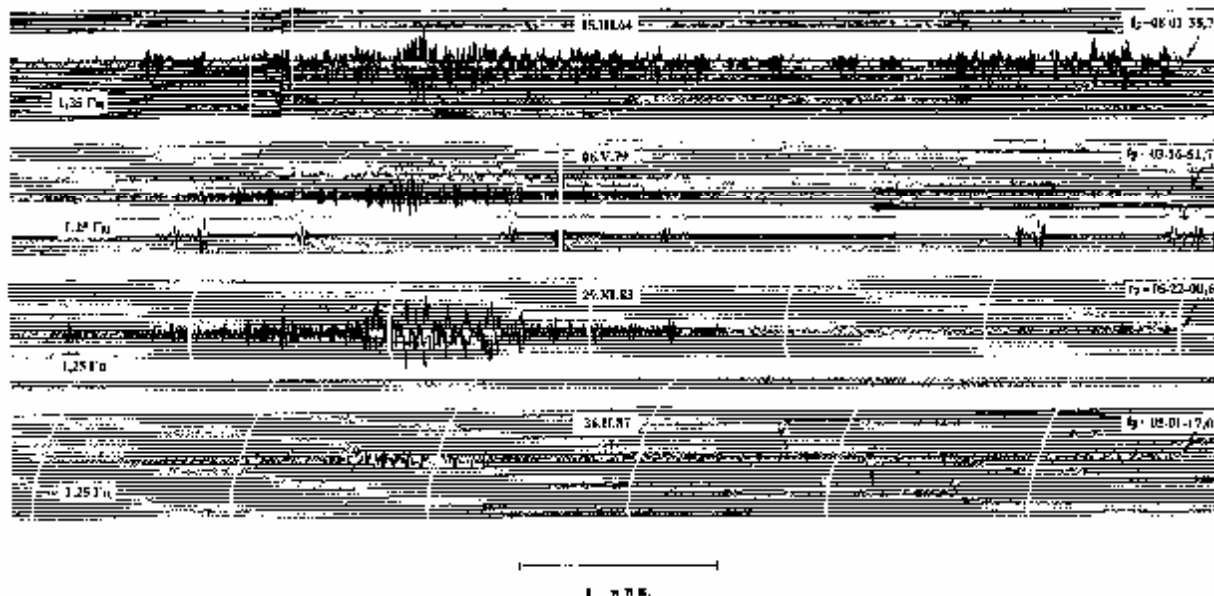


Рисунок 7. Примеры записей ПЯВ (массив Дегелен), полученные станцией GRM. ЧИСС, канал 1.25 Гц

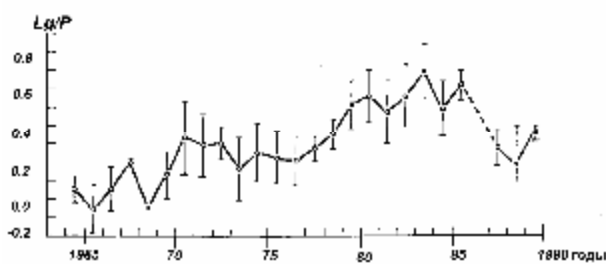


Рисунок 8. Зависимость средних значений параметра  $Lg/P$  от времени. Станция GRM

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В [2] путем анализа большого количества записей ПЯВ и химических взрывов были детально исследованы пространственно-временные вариации поля поглощения S-волн в районе СИП. Было установлено очень сильное поглощение S- волн в литосфере под площадкой Балапан, где проходят два крупных разлома, проникающих в верхнюю мантию (рисунок 3). В районе площадки Дегелен поглощение S- волн в земной коре и верхах мантии гораздо слабее. Вместе с тем, аномально слабое поглощение S- волн в верхней мантии под СИП наблюдалось на

глубинах более 200 км. На основании полученных данных была выдвинута гипотеза о том, что наблюдаемые особенности волновых полей в районе СИП связаны с подъемом ювенильных флюидов из верхней мантии по крупным разломам, обусловленным длительным, интенсивным воздействием мощных ПЯВ на геологическую среду. Это заключение позволяло объяснить также существование крупной температурной аномалии в районе СИП, обнаруженной на основании дешифрирования спутниковых данных в конце 90-х годов (рисунок 3) [8].

Полученные новые данные в целом подтверждают данную гипотезу. Анализ огибающих Lg и коды, а также отношения  $Lg/Pg$  на записях станций BRVK и TLG говорит о том, что интегральное поглощение S- волн в земной коре в районе СИП существенно выросло за 20-30 лет, в том числе, и после окончания ядерных испытаний на полигоне. Вместе с тем, поглощение S- волн в верхах мантии в районе СИП за это время существенно уменьшилось. Данные по S-коде (станция KURK) показывают, что флюиды могли подниматься с глубин более 300 км. В то же время, по данным станции GRM для трасс, которые пересекают Казахскую платформу и Тянь-Шань,

интегральное поглощение S-волн в земной коре резко уменьшилось с середины 60-х до середины 80-х годов. Учитывая, что для Казахской платформы до 1983 г в целом наблюдалась противоположная тенденция (рисунок б), можно сделать вывод о связи изменений, в первую очередь, с резким уменьшением поглощения S- волн в земной коре Тянь-Шаня, что относится, прежде всего, к западной части Тянь-Шаня, которую пересекают трассы от СИП до станции GRM. Сравнительно длиннопериодные вариации поля поглощения S-волн, связанные с активной миграцией флюидов на северной границе Тянь-Шаня, отмечены в работе [9]. Интересно, что после введения моратория на ядерные испытания в 1985-1987 гг. величины параметра Lg/P для рассматриваемых трасс резко упали, что говорит об увеличении поглощения S- волн, в первую очередь, в нижней части земной коры. Это наводит на мысль, что мощные взрывы на СИП могли оказывать влияние на флюидное поле на достаточно больших расстояниях от полигона. Речь идет, главным образом, о сейсмически активном районе Тянь-Шаня, поскольку

для слабосейсмичной Казахской платформы такого эффекта не обнаружено (рисунок б; данные для трассы СИП-TLG [1, 2]).

В связи с тем, что ювенильные флюиды играют важную роль в процессах подготовки сильных коровых землетрясений [10], этот эффект, в принципе, мог привести к изменению уровня сейсмичности в районах, окружающих СИП. Ранее [11] был сделан вывод о возможности воздействия широкофокусных гиндукушских землетрясений на флюидное поле в земной коре на больших расстояниях от эпицентральной зоны. Скорее всего, такое воздействие обусловлено существованием уединенных волн деформации, распространяющихся по крупным разломным зонам [12]. Отметим, что выводы о влиянии подземных ядерных взрывов, произведенных на Семипалатинском испытательном полигоне, на уровень сейсмичности в Гармском районе Таджикистана (на границе Южного Тянь-Шаня и Северного Памира) сделаны в работе [13]. Характерно, что вариации сейсмической активности наблюдались именно в зонах крупных разломов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Вариации структуры поля поглощения поперечных волн в районе Семипалатинского полигона // Докл. РАН. - 2001. - Т. 379. - № 5. - С. 670-674.
2. Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н. Пространственно-временные вариации структуры поля поглощения поперечных волн в районе Семипалатинского полигона // Физика Земли. - 2001. - № 11. - С. 73-86.
3. Беляшова Н.Н., Шацлов В.И., Михайлова Н.Н., Комаров И.И., Синева З.И., Беляшов А.В., Малахова М.Н. Использование калибровочных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне для уточнения скоростного разреза земной коры и верхней мантии // Геофизика и проблемы нераспространения / Вестник НЯЦ РК. - Курчатов: НЯЦ РК, 2000. - Вып. 2. - С. 45-52.
4. Запольский К.К. Частотно-избирательные станции ЧИСС // Экспериментальная сейсмология. - М.: Наука, 1971. - С. 20-36.
5. Копничев Ю.Ф. Короткопериодные сейсмические волновые поля. - М.: Наука, 1985. - 176 с.
6. Каазик П.Б., Копничев Ю.Ф., Нерсесов И.Л., Рахматуллин М.Х. Анализ тонкой структуры короткопериодных сейсмических полей по группе станций // Физика Земли. - 1990. - N 4. - С. 38-49.
7. Ан В.А., Каазик П.Б., Овчинников В.М. Время пробега сейсмической волны Pn на трассе Семипалатинский испытательный полигон - сейсмическая станция Боровое / Мониторинг ядерных испытаний и их последствий: Тезисы докладов. Международной конференции, 12-16 августа 2002 г, Боровое, Казахстан. - С. 21.
8. Sultangazin U.M., Zakarin E.A., Spivak L.F., Arkhipkin O. P., Muratova N.R., Terekhov A.G. Monitoring of temperature anomalies in the former Semipalatinsk test site // Acad. Sci. - Paris, 1998. - V. 326. - Ser. "Method. i instrum" - P 135-140.
9. Копничев Ю.Ф. Длиннопериодные временные вариации структуры поля поглощения поперечных волн в литосфере и астеносфере Северного Тянь-Шаня // Вулканология и сейсмология. - 2001. - № 3. - С. 63-75.
10. Копничев Ю.Ф., Михайлова Н.Н. Геодинамические процессы в очаговой зоне Байсорунского землетрясения 12 ноября 1990 г. (Северный Тянь-Шань) // Докл. РАН. - 2000. - Т. 373. - № 1. - С. 93-97.
11. Копничев Ю.Ф., Баскутас И., Соколова И.Н. Пары сильных землетрясений и геодинамические процессы в районе Центральной и Южной Азии // Вулканология и сейсмология. - 2002. - № 5. - С. 49-58.
12. Николаевский В.Н. Математическое моделирование уединенных деформационных и сейсмических волн // Докл. РАН. - 1995. - Т. 341. - № 3. - С. 403-405.
13. Тарасов Н.Т., Тарасова Н.В. Влияние ядерных взрывов на сейсмический режим // Докл. РАН. - 1995. - Т. 343. - № 4. - С. 543-546.

**СЕМЕЙ СЫНАУ ПОЛИГОНЫНДАҒЫ ЯДРОЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАРДЫҢ  
ЖАЗБАЛАРЫ БОЙЫНША ОРТА АЗИЯ АУДАНЫНДА КӨЛДЕНЕН ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ЖҰТЫЛУ  
ӨРІСІНІҢ ВАРИАЦИЯЛАРЫН ЗЕРДЕЛЕУ**

<sup>1</sup>Копничев Ю.Ф., <sup>2</sup>Соколова И.Н.

<sup>1</sup>*РҒА ЖФБИ. 483310, Мәскеу қ*

<sup>2</sup>*ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Алматы қ*

Оқиғаның эпиорталықтық аймағынан 77-1400 км. қашықтықта орналасқан Талғар, TLG (Солтүстік Тянь-Шань), Курчатов, KURK (Шығыс Қазақстан), Бурабай, BRVK (Көкшетау массивы), Гарм, GRM (Оңтүстік Тянь-Шань) станцияларымен 1964-200 ж.ж. алынған 200 көп ядролық және химиялық калибрлеу жарылыстардың жазбалары бойынша Lg и Pg, Lg және P толқындардың амплитудалары қатынасының уақыттық вариациялары зерделенген. Бұл параметрлер әртүрлі жолдарына уақыт ішінде елеулі әр түрде өзгеретіні белгіленген. Сейсмикалық толқындардың жұтылу өрісінің кеңістіктік-уақыттық вариациялары тереңдегі ірі жарылымдар бойынша ювенильді флюидтердің көтерілісімен байланысты жөнінде болжау жасалған.

**STUDY OF SHEAR WAVE ATTENUATION FIELD VARIATIONS IN CENTRAL ASIA REGION USING  
RECORDS OF NUCLEAR AND CHEMICAL EXPLOSIONS AT THE SEMIPALATINSK TEST SITE**

<sup>1</sup>Yu.F. Kopnichev, <sup>2</sup>I.N. Sokolova

<sup>1</sup>*The Joint Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Moscow*

<sup>2</sup>*Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov*

The temporal variations of amplitude ratio of Lg and Pg, Lg and P waves were studied using the 1964-2000 records of more than 200 underground nuclear and chemical calibration explosions obtained at the Northern Tien Shan TLG station, KURK station (Eastern Kazakhstan), BRVK (Kokchetav Massif), GRM (Southern Tien Shan) located at epicentral distances of 77-1400 km. Variations in this parameter with time are shown to be significantly different for different paths. The spatio-temporal variations of the seismic wave attenuation field are presumably associated with the ascent of juvenile fluids through large deep faults.

УДК 550.34(574.4+574.5)

**СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЙОНОВ, ОКРУЖАЮЩИХ НОВЫЕ  
СЕЙСМИЧЕСКИЕ ГРУППЫ МАКАНЧИ И КАРАТАУ**

Михайлова Н.Н., Вольф Н.А., Синёва З.И.

*Институт геофизических исследований НЯЦ РК*

После ввода в эксплуатацию двух сейсмических групп мирового уровня Маканчи и Каратау появилась возможность изучать сейсмический режим Восточного и Южного Казахстана на энергетическом уровне явлений на 3-4 порядка ниже, чем это было возможно раньше. С использованием слабых и микроземлетрясений стало возможным более точно трассировать активные линейменты и следить за вариациями параметров сейсмического режима территорий. Результаты имеют важное значение для решения задач, связанных с оценкой сейсмической опасности и с разработкой новых карт сейсмического районирования территории Казахстана.

На территории Казахстана наиболее детально изучена сейсмическая обстановка юго-востока Республики - от реки Сырдарья на западе до Джунгарии на востоке и от озера Балхаш на севере до озера Иссык-Куль на юге. На этой территории сосредоточены наблюдательные сети Института сейсмологии МОН РК, наибольшая плотность пунктов достигнута вблизи г. Алматы. Другие регионы изучены либо слабо, либо вообще не изучались с использованием инструментальных методов. В связи с этим информационная база, положенная в основу работ по сейсмическому районированию Казахстана, по уровню энергетической представительности ( $K_{\min}$ ) землетрясений и точности локализации очагов, чрезвычайно неоднородна. Так, согласно [1], на Северном Тянь-Шане в последние годы представительными землетрясениями являлись события с энергетическим уровнем  $K \geq 7,5$ , в некоторых областях - даже с  $K_{\min} = 6,0$ , в то время как в Восточном и Южном Казахстане - это события с  $K_{\min} > 9$ .

В связи с недостаточной сейсмологической изученностью, а также с неадекватностью методик сейсморайонирования возникали неприятные «сюрпризы», когда сильные землетрясения происходили в тех местах, где события с такой магнитудой не ожидалось согласно действующим картам сейсморайонирования. Например, в 1990 г. произошло Зайсанское землетрясение с магнитудой  $M=6,9$  [2], вызвавшие в зоне, считающейся малоактивной, сейсмические воздействия интенсивностью до 8 баллов по шкале MSK - 64. После землетрясения, в срочном порядке, была пересмотрена карта общего сейсморайонирования Восточного Казахстана и составлена Временная схема, устраняющая несоответствия наблюдаемых и прогнозируемых сейсмических воздействий. Для проведения систематических инструментальных наблюдений в 1990 г. была открыта станция Зайсан, где установлена аппаратура с аналоговой записью колебаний по трём компонентам. Однако одна станция в этом районе не может радикально решить вопрос о качественно новом информационном уровне исследования сейсмичности. Действительно, уровень представительности не был

существенно понижен, в каталогах не произошло значительного увеличения количества регистрации землетрясений.

В 2000 - 2001 гг. на территории Казахстана были введены в строй две новые сейсмические группы, входящие в Международные системы сейсмического мониторинга. Это сейсмические группы Маканчи (МКАР) в Восточном Казахстане и Каратау (ККАР) в Южном Казахстане. По степени аппаратурной оснащенности они превосходят все имевшиеся до этого казахстанские сейсмические станции и входят в число лучших станций мира. Каждая из них имеет по 9 пунктов наблюдений, апертура группы составляет примерно 4 км. Станции оснащены приборами, установленными в скважинах, среди которых один широкополосный трёхкомпонентный и девять однокомпонентных вертикальных сейсмометров. Тот факт, что ККАР и МКАР являются именно сейсмическими группами, а не отдельными сейсмическими станциями, позволяет с высокой точностью проводить локализацию близких событий даже без привлечения данных других станций. Обе группы обладают высокой чувствительностью к обнаружению сигналов, что обусловлено тщательным выбором мест установки приборов, с точки зрения поиска площадок с наименьшим уровнем сейсмического шума, установкой сейсмометров с эффективными характеристиками в скважинах, а также применением методов обработки сигналов, использующих преимущества групповой сейсмометрии. Сигналы с обеих групп в режиме реального времени поступают по спутниковым каналам связи в Центр данных ИГИ НЯЦ РК в г. Алматы, где производится их автоматическая и интерактивная обработка. На этой основе создаются сейсмологические бюллетени, анализ информации которых положен в основу данной статьи. Ниже представлены первые результаты детального изучения сейсмичности в районе сейсмических групп Каратау и Маканчи, которые по мере набора статистики будут уточняться.

**СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ В РАЙОНЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КАРАТАУ**

В течение 2002 г сейсмическая группа Каратау зарегистрировала около тысячи сейсмических событий на региональных (до 2000 км) расстояниях. С использованием этих данных проведён анализ сейсмичности территории радиусом 200 км, окружающей группу. На рисунке 1 показаны эпицентры сейсмических событий за июль-декабрь 2002 г. В число этих событий входят землетрясения, энергетические классы которых по шкале Раутиан Т.Г.[3] составляют от 1 до 10. Можно отметить, что на энергетическом уровне  $K < 6$  здесь ранее вообще не было возможности регистрировать события.

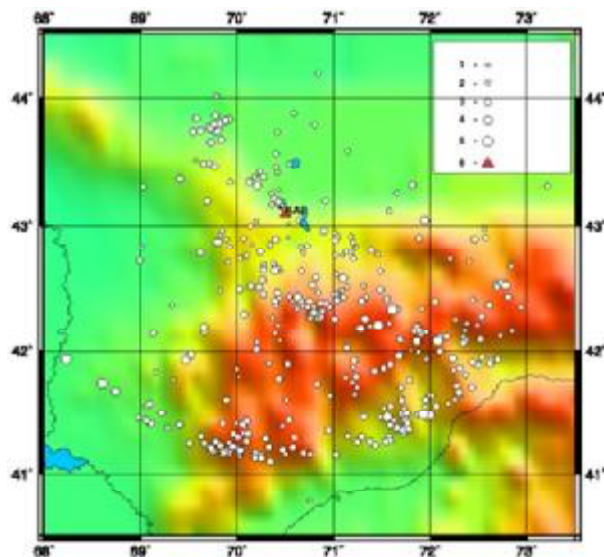
По своей тектонической приуроченности все зарегистрированные землетрясения могут быть разделены на пять групп. К первой группе отнесены землетрясения, связанные с таким крупным разломом, как Главный Каратауский разлом, являющийся северной частью главной структурной линии Тянь-Шаня, а также с Каратау-Таласским разломом северо-западного простирания. Последний проходит в непосредственной близости от сейсмической группы Каратау. Эти разломы в районе северной оконечности Ферганского хребта меняют направление на субширотное, согласующееся с направлением главных структур Тянь-Шаня. Землетрясения, локализуемые между этими крупными разломами, приурочены к разломам более высокого порядка северо-восточного, субширотного и северо-западного направлений. Узлы, где концентрация землетрясений особенно высока, связаны с местами пересечения и сочленения разломов разных направлений, в частности, главных разломов северо-западного направления и разломов второго порядка северо-восточного направления.

Ко второй группе отнесены события, связанные с крупным Северо-иссыккульским разломом, а именно, его северной частью северо-западного простирания и районом изменения этого направления на субширотное.

К событиям третьей группы отнесены события, приуроченные к Кумбельскому разлому второго порядка северо-западного простирания. Существенная концентрация землетрясений наблюдается в районе пересечения Кумбельского и Ангренского разломов.

Четвертая группа событий – это землетрясения, приуроченные к Северо-Ферганскому разлому.

Следует отметить наиболее северную группу эпицентров событий. Это промышленные взрывы на карьере Жанатас, расположенном к северо-западу от сейсмической станции. Записи этих взрывов архивируются и используются для разработки методик уверенного распознавания взрывов и землетрясений в данной области.



Магнитуда событий MPVA: 1)  $M < 1$ ; 2)  $1 \leq M \leq 2$ ; 3)  $2 < M \leq 3$ ; 4)  $3 < M \leq 4$  5)  $M > 4$ ; 6) сейсмическая группа Каратау (KKAR).

Рисунок 1 Карта эпицентров сейсмических событий вблизи сейсмической группы Каратау за июль – декабрь 2002 г.

Наиболее интересные землетрясения в 2002 г в этом районе произошли 17 февраля 2002 г. Два толчка с разницей во времени 44 минуты произошли в непосредственной близости от станции и ощущались с интенсивностью 4 балла в г. Каратау и на станции. Основные параметры эпицентров этих землетрясений приведены в таблице 1.

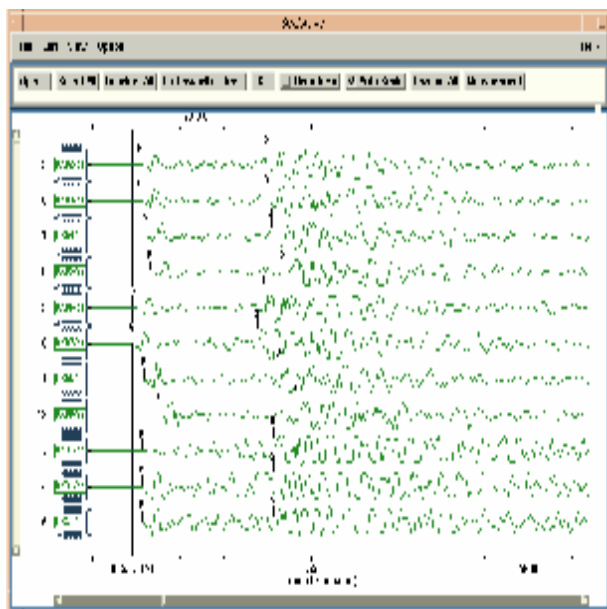
Таблица 1 Основные параметры каратауских землетрясений 17.02.2002 г.

Дата, месяц, год	Время в очаге, GMT	$j^{\circ}, N$	$l^{\circ}, E$	h, км	K	MPVA
17.02.02	08.55.46.95	42,48	70,51	11,6	11,4	5,1
17.02.02	09.39.08.47	43,01	70,52	14,0	11,0	4,7

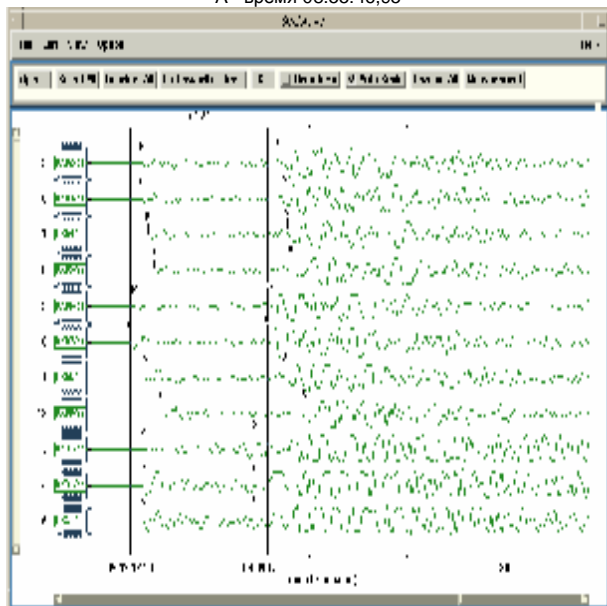
На рисунке 2 показаны фрагменты записей этих землетрясений по всем элементам сейсмической группы Каратау. Хорошо видно, что время запаздывания поперечной волны S относительно продольной волны P составляет менее 3 секунд, что свидетельствует о том, что землетрясения очень близки к станции - эпицентральные расстояния менее 20 км. Азимут, исходя из времен запаздывания P и S волн, – почти точно совпадает с направлением на юг от группы.

Для каждого решения рассчитаны и показаны эллипсы ошибок. Из рисунка 3 следует, что для данного района точность REB пока не соответствует требованиям Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ), поскольку площадь эллипсов превышает требуемые 1000 км<sup>2</sup>. Для первого землетрясения (REB1) эллипс даже не покрывает истинный эпицентр события.





А - время 08:55:46,95



Б - время 09:39:08,47

Рисунок 2. Фрагменты записей землетрясений 17.02.2002 г.

Оба землетрясения зарегистрированы станциями Международной системы мониторинга (МСМ), результаты их обработки вошли в обзорный сейсмологический бюллетень REB, издаваемый Международным центром данных (МЦД) в Вене. На рисунке 3 показано сравнение решений, полученных в Центре данных ИГИ НЯЦ РК (KazNDC1, KazNDC2), с решениями Международного Центра данных (REB1, REB2). При этом, данные станции Каратау не участвуют в решении МЦД, поскольку эта станция не входит в состав МСМ.

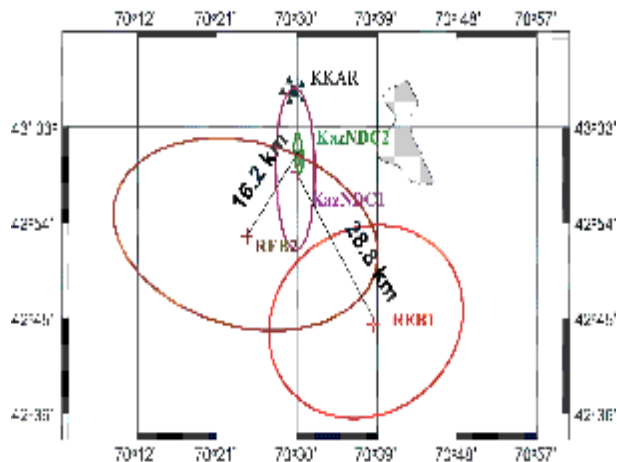


Рисунок 3. Сравнение решений, полученных в Центре данных ИГИ НЯЦ РК (KazNDC) и в МЦД (REB) по данным станции Каратау (KZAR)

Землетрясения, произошедшие 17.02.2002 г сопровождались форшоками и афтершоками. На рисунке 4 представлена гистограмма распределения по энергетическим классам всех землетрясений этой классической сейсмической группы: «форшок – главный толчок – афтершоки». В основном, афтершоки и форшоки характеризовались энергией менее 6 класса, самые слабые события имели класс около 1.

Во времени события распределены следующим образом. За полчаса до первого толчка зарегистрировано пять форшоков, последний из которых произошел за две минуты до первого главного события. В каталог афтершоков включено 43 землетрясения, основная масса которых произошла в первые сутки. Размеры очага, исходя из пространственного распределения очагов всей группы, составляют 10x11x14 км. Очаг приурочен к структурам хребта Каратау. Следует отметить, что регистрация такой группы событий в этом районе – явление достаточно редкое, а изучение её на столь низком энергетическом уровне осуществлено впервые. По имеющимся за полгода и стематизированным данным проведена оценка количественных параметров сейсмического режима путем построения графика повторяемости землетрясений для этой области (рисунок 5).

Определены значения сейсмической активности  $A_{10}$  и наклона графика повторяемости  $\gamma$ . График повторяемости построен по более, чем 400 событиям (N). После приведения N к  $T=1$  году и  $S = 1000$  км<sup>2</sup> получено, что  $A_{10} = 0,06$ ,  $\gamma = -0,41$ . Это значительно более высокие значения, чем те, которые можно встретить в литературных источниках, где для этого района  $A_{10}$  оценивалось значениями от 0,005 до 0,02 [1,4].

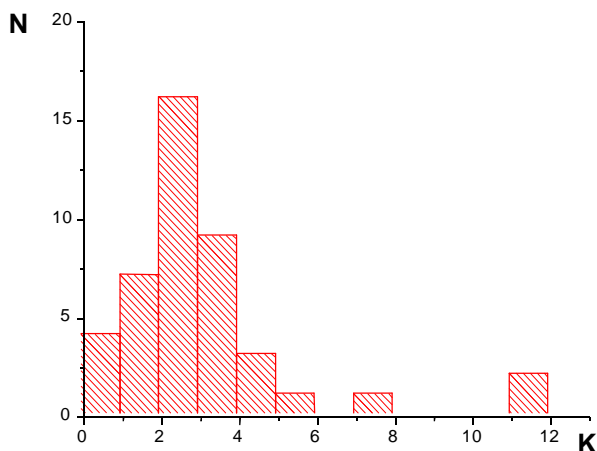


Рисунок 4. Гистограмма распределения по энергетическим классам афтершоков Каратауских землетрясений 17.02.2002 г.

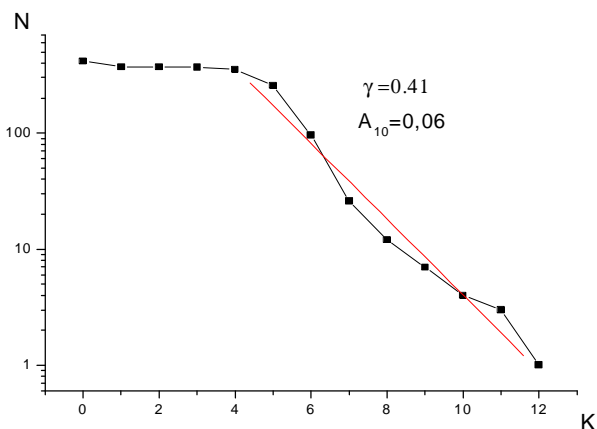


Рисунок 5. График повторяемости землетрясений по данным сейсмической группы Каратау в радиусе 200 км

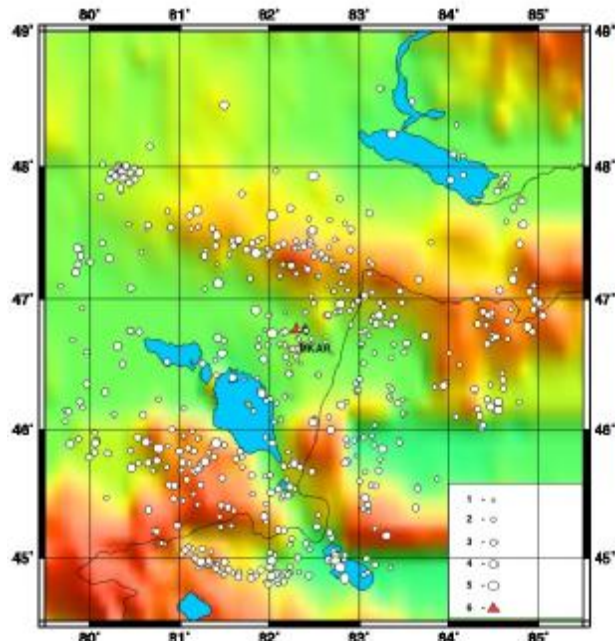
Исходя из полученного графика повторяемости землетрясений, можно утверждать, что для района в радиусе 200 км вокруг сейсмической группы Каратау, начиная с 2002 г, представительными являются землетрясения с энергетическим уровнем  $K_{min} = 5$ . Таким образом, с вводом в действие сейсмической группы Каратау энергетический уровень представительности регистрируемых землетрясений снижен на 3-4 единицы.

#### СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ В РАЙОНЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППЫ МАКАНЧИ

Сейсмическая группа Маканчи за 2002 г на территории в радиусе 200 км зарегистрировала около 1200 землетрясений. Диапазон энергетических классов событий изменяется от 1 до 12. На рисунке 6 представлены эпицентры землетрясений вокруг сейсмической группы Маканчи за тот же период, что для сейсмической группы Каратау (июль – декабрь 2002 г). Сейсмические события севернее станции Маканчи группируются вблизи структур северо-западного

направления, связанных с Тарбагатайской зоной. Их эпицентры приурочены к крупным разломам – Тарбагатайскому, Западно – Чингизскому, Восточно - Чингизскому, Калба – Чингизскому.

На юге чётко проявляет себя зона северо-западного и близширотного простирания, связанная, скорее всего, с южным продолжением Центрально-Казахстанского разлома, который в районе Джунгарского хребта меняет своё направление с северо-западного на широтное.



Магнитуда событий MPVA: 1)  $M < 1$ ; 2)  $1 \leq M \leq 2$ ; 3)  $2 < M \leq 3$ ; 4)  $3 < M \leq 4$ ; 5)  $M > 4$ ; 6) сейсмическая группа Маканчи (MKAR)

Рисунок 6. Карта эпицентров землетрясений с очагами вблизи сейсмической группы Маканчи за июль – декабрь 2002 г.

Отмечен ряд землетрясений в районе озера Зайсан, приуроченных к Северо-Зайсанской зоне разлома.

Наиболее сильным событием в 2002 г явилось землетрясение 28 ноября 2002 г в 95 км к северу от Маканчи (таблица 2).

Таблица 2. Основные параметры землетрясения 28.11.2002 г

Дата, месяц, год	Время в очаге, GMT	$j^{\circ}, N$	$l^{\circ}, E$	$h, км$	$K$	MPVA
28.11.2002	18.53. 33.82	47,64	82,03	26	12,1	5,2

Землетрясение интенсивностью 4 балла ощущалось в ряде населенных пунктов Восточного Казахстана, в том числе сотрудниками станции Маканчи. Землетрясение имело два форшока и серию афтершоков.

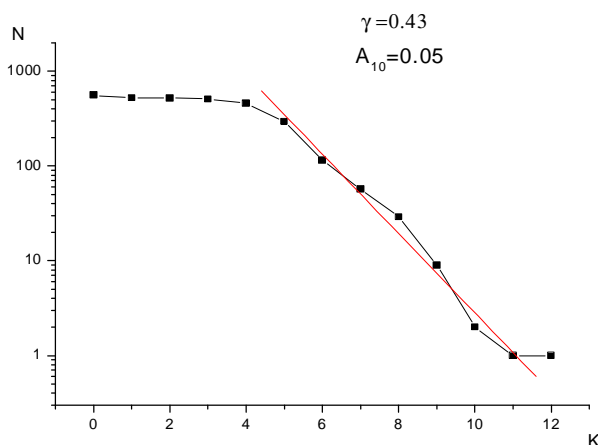


Рисунок 7. График повторяемости землетрясений по данным сейсмической группы Маканчи в радиусе 200 км

Для этой территории, также как для территории вблизи сейсмической группы Каратау, проведена оценка параметров сейсмического режима -  $A_{10}$  и  $\gamma$ . На рисунке 7 приведён полученный график повторяемости землетрясений. Из него можно сделать вывод о представительной регистрации землетрясений в этом районе, начиная с  $K_{\min} = 5$ . После нормирования  $N$  определено:  $A_{10} = 0,05$ ,  $\gamma = - 0,43$ . Если сравнить полученные значения параметров активности с аналогичными значениями, взятыми из разных литературных источников, то можно констатировать, что полученные значения значительно выше,

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сейсмическое районирование Республики Казахстан. – Алматы: Эверо, 2000. – 219 с.
2. Нурмагамбетов А., Сыдыков А., Тимуш А.В., Михайлова Н.Н. и др. Зайсанское землетрясение 14 июня 1990 г.//Землетрясения в СССР в 1990 г. – М.: ОИФЗ РАН, 1996. – С. 54-60.
3. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстояниях 3000 км//Труды ИФЗ АН СССР. – 1964. - № 32 (199). - С. 72-98.
4. Сыдыков А. Сейсмический режим и прогнозирование сейсмической опасности в Казахстане: Автореферат докт. Диссертации. – М. – 2003. - 47с.
5. Бейсенбаев Р.Т., Калмыкова Н.А., Неверова Н.П. Землетрясения Северного Тянь-Шаня//Землетрясения Северной Евразии в 1996 г. М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 67-70.

### МАҚАНШЫ ЖӘНЕ ҚАРАТАУ ЖАҢА СЕЙСМИКАЛЫҚ ТОПТАРЫН ҚОРҒАЙТЫН АУДАНДАРДЫҢ СЕЙСМИКАЛЫЛЫҒЫ

Михайлова Н.Н., Вольф Н.А., Синёва З.И.

ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов қ

Әлемдік деңгейіндегі Мақаншы және Қаратау сейсмикалық топтарын пайдалануға енгізген соң Шығыс және Оңтүстік Қазақстанның сейсмикалық режимін бұрынғыдан гөрі 3-4 рет төменгі энергетикалық деңгейінде зерделеуге мүмкіншілік пайда болды. Әлсіз және микро жер сілкінулерін қолданып, белсенді линеаменттерді дәлділеу трассалауға және аумақтың сейсмикалық режимі параметрлерінің вариацияларын қадағалауға мүмкіншілік туды. Нәтижелердің, сейсмикалық қауіптілігін бағалау және Қазақстан аумағының сейсмикалық аудандау жана карталарын әзірлеуімен байланысты мәселелерді шешу үшін, маңызды мәні бар.

чем ранее принятые для характеристики средней активности Алтай-Тарбагатайской зоны. Последние составляют  $A_{10} = 0,018$  при  $\gamma = - 0,46$  [4]. Как и для Каратауского района, заниженные значения опубликованных характеристик может быть связано с недостатком статистических данных по слабой сейсмичности.

Если сравнивать уровень сейсмической активности, оцененный по новым данным вблизи сейсмических групп Маканчи и Каратау с районом г, Алматы, то вблизи Алматы, в хребтах Заилийский и Кунгей Алатау сейсмическая активность значительно более высокая и составляет примерно 0,15 – 0,20 [5].

Таким образом, можно утверждать, что после ввода в действие двух станций Каратау и Маканчи появилась возможность значительно повысить эффективность сейсмического мониторинга в двух промышленных районах Казахстана, очень важных с точки зрения прогноза сейсмической опасности. Детальное изучение сейсмичности по событиям с  $K \geq 5$  показало, что сейсмическая активность здесь достаточно высока и её нельзя недооценивать в работах по сейсмическому районированию и долгосрочному прогнозу землетрясений.

Анализ данных, получаемых станциями, продолжается, В частности, начато изучение временных вариаций количества регистрируемых слабых землетрясений с целью выявления эффектов, свидетельствующих о геодинамических процессах в этих районах.

**SEISMICITY OF REGIONS SURROUNDING THE NEW SEISMIC ARRAYS OF MAKANCHI AND KARATAU**

**N.N. Mikhailova, N.A. Volf, Z.I. Sinyeva**

*Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov*

Upon putting into operation two seismic stations Makanchi and Karatau of world importance, appeared an opportunity to study seismic conditions of eastern and southern Kazakhstan at the energy level of events 3-4 orders below than it was earlier. Using weak and micro earthquakes, the accurate tracing of active lineaments and tracking of parameter variations of territorial seismic activity became more possible. The results have an important significance for solving tasks associated with estimation of seismic danger and development of the new seismic zoning plans of the Kazakhstan territory.