

УДК 550.342.001

## ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА ПО ДАННЫМ ЦИФРОВЫХ СТАНЦИЙ КАЗАХСТАНСКОЙ СЕТИ

Синева З.И., Михайлова Н.Н., Комаров И.И.

*Институт геофизических исследований*

Для станций сейсмологической сети контроля ядерных испытаний, расположенных на восьми площадках Казахстана, впервые дана сравнительная оценка характеристик сейсмического шума. По каждой из трех компонент сейсмического шума рассчитаны спектральные кривые плотности, изучены его временные вариации. Установлено, что различие в уровне шума между станциями зависит от частоты: оно максимально (до 19 дБ) на частотах  $\approx 10$  Гц, статистически незначимо в диапазоне частот 0,2-0,05 Гц. Выстроен ряд казахстанских станций по мере возрастания сейсмического шума - от самой «тихой» до самой «шумной»: Восточное, Чкалово, Зеренда, Боровое, Курчатов, Маканчи, Талгар, Актюбинск.

Основной целью настоящей работы являлось сравнительное изучение спектральных характеристик и временных вариаций различных частотных составляющих микросейсмического фона на всех пунктах территории Казахстана, где установлены цифровые станции сейсмологической сети контроля ядерных испытаний. Для данного исследования были использованы записи восьми сейсмических станций, обслуживаемых НЯЦ РК и Комплексной сейсмологической экспедицией ОИФЗ РАН, расположенных в разных районах Казахстана [3, рис 1]. Все станции размещены на удалении от крупных промышленных предприятий, в относительно малонаселенных местах. Местная сейсмичность может быть охарактеризована по результатам сейсмического районирования территории Казахстана. Согласно последней карте сейсмического районирования Казахстана [2], станции Курчатов, Боровое, Восточное, Зеренда, Чкалово и Актюбинск находятся в асейсмичной зоне, станция Маканчи – в зоне возможной интенсивности сотрясений до 7 баллов, станция Талгар – в наиболее сейсмичной зоне с возможной интенсивностью сотрясений до 9 баллов.

В табл. 1 приведены некоторые другие данные по станциям, имеющие отношение к обсуждаемой теме: наименование и код станций [3], координаты места расположения, тип пород в основании, условия размещения и тип сейсмометров, дискретность записей. Как следует из табл.1, цифровые записи получены с использованием современных широкополосных сейсмометров STS – 2 и CMG – 3, обеспечивающих возможность исследовать характеристики шума в беспрецедентном по широте частотном диапазоне (0,06 с – 300 с). На всех станциях, за исключением станции Актюбинск, сейсмометры установлены в штольнях и шахтах, на глубине 20 и более метров, а на станции

Талгар – на глубине 70 м. Эти условия размещения сейсмометров обеспечивает достаточно хорошую защиту от внешних воздействий, таких, как ветер, изменения температуры, изменение давления. Только на станции Актюбинск сейсмометр находится в оборудованном помещении, практически на уровне дневной поверхности.

Методика изучения спектрально-временных характеристик сейсмического шума включала:

- отбор сейсмических записей, пригодных для анализа,
- расчет спектральной плотности сейсмического шума,
- анализ результатов расчета и временных вариаций сейсмического шума в сравнении с известными мировыми моделями,
- сравнительную оценку уровня сейсмического шума для всей совокупности изучаемых казахстанских станций.

### **Отбор сейсмических записей.**

Сейсмические записи отбирались с учетом выполнения следующих условий:

- обеспечение одновременности записей на всех станциях. Записи за один и тот же период времени выбраны из данных за 1995 год длиной 6 суток (260-265 дни). В этот период времени работали все 8 изучаемых сейсмических станций;
- отсутствие сильных далеких и более слабых близких землетрясений, а также "хвостов" землетрясений, произошедших ранее. Для этого каждый отрезок записей первоначально контролировался визуально, затем привлекались каталоги землетрясений мира, составляемые различными службами. С учетом этой информации из записей выбирались участки без сейсмических событий длиной по 10 минут каждый. Было отобрано примерно по 70-80 таких отрезков для каждой станции.

Таблица 1 Основные характеристики обследуемых сейсмических станций

Наименование станции (обозначение в составе GSN)	Широта (N), градусы	Долгота (E), градусы	Высота над уровнем моря, м	Геологическая характеристика пород фундамента	Условия размещения сейсмометров	Тип сейсмометров	Дискретность записи (отсчеты в сек )
Актюбинск (AKT)	50.433	58.017	360	Габбро-амфиболиты	Оборудованное помещение	STS-2	40
Боровое (BRV)	53.058	70.283	315	Граниты	Шахта	STS-2	40
Курчатов (KUR)	50.715	78.621	240	Песчаники	Шахта	STS-2	40
Маканчи (MAKZ)	46.808	81.977	600	Андезиты	Штольня	STS-2	20
Восточное (VOS)	52.723	70.980	450	Граниты	Шахта	CMG-3	40
Зеренда (ZRN)	52.951	69.004	420	Граниты	Шахта	STS-2	40
Чкалово (CHK)	53.676	70.615	240	Граниты	Шахта	CMG-3	40
Талгар (TLG)	43.249	77.223	1120	Граниты	Штольня	CMG-3	40

#### Расчет спектральной плотности сейсмического шума.

Спектральная плотность сейсмического шума рассчитывалась для каждой станции, для каждой из трех компонент сейсмических записей, отдельно для ночного и дневного времени. Во всех случаях учитывались амплитудно-частотные характеристики сейсмометров [1, рис. 2]. В основу расчетов была положена методика, приведенная в [4].

Для расчетов использовалась программа, любезно предоставленная доктором В.Е.Кимом (Ламонт-Дохертская Земная обсерватория Колумбийского университета, США). После получения для данной станции набора спектров, оценивался медианный спектр, который принимался за наиболее вероятный спектр сейсмического шума для данной выборки.

#### Анализ результатов расчета и временных вариаций сейсмического шума в сравнении с известными мировыми моделями.

На рис. 1 приведены медианные значения спектральной плотности вертикальной компоненты сейсмического шума по всем обследованным станциям. Аналогичные кривые построены по двум другим, горизонтальным составляющим регистрируемого сейсмического поля. Выделены результаты расчетов спектральной плотности сейсмического шума по дневным и ночным сейсмическим записям. Здесь же, для удобства сопоставления, представлены мировые модели сейсмического шума - нижнеуровневая (NLNM) и верхнеуровневая (NHNM).

Выводы, которые были сделаны при анализе полученных спектров, следующие.

1. Различие в уровне сейсмического шума между станциями Казахстана зависит от рассматриваемой частоты (периода). Так, для периода 0,1с оно максимально и составляет 19дБ, на периоде 1с –

различие уменьшается до 7дБ. В диапазоне значений периодов 5с – 20с между станциями почти нет никакой разницы в уровне сейсмического шума: все изменения лежат в пределах точности оценок уровня спектральной плотности, равной  $\pm 2$ дБ.

2. Самыми «тихими» на территории Казахстана являются станции большебазовой группы Боровое – Восточное, Зеренда и Чкалово. Сама станция Боровое оказалась немного более шумной, особенно, в дневное время. Довольно «тихой» является и станция Курчатов. Затем по степени возрастания уровня шума идет станция Маканчи. Наиболее «шумными» являются станции Талгар и Актюбинск.
3. Сопоставление кривых спектральной плотности, построенных отдельно для дня и ночи, явно показало, что существуют суточные вариации сейсмического шума, которые характеризуются совершенно четкой частотной полосой, одинаковой для всех станций, и различными значениями амплитуды вариаций по разным станциям. Наибольшие суточные вариации отмечены на станциях группы Боровое. Все они сосредоточены в полосе частот выше 1Гц и достигают на вертикальной компоненте в экстремуме 10дБ по станции Боровое. По станциям Зеренда, Восточное, Чкалово различие не превышает 5 дБ. По другим станциям суточные вариации заметно меньше и практически не заметны на станциях Талгар и Маканчи (рис.2).
4. На частотах меньше 1Гц (период  $T > 1$ с) различие в уровне шума не превышает 2дБ, максимальный разброс между самыми «шумными» и самыми «тихими» записями из выбранных 6 дней составляет лишь 4-5дБ. Общим правилом для рассмотренного частотного диапазона является то, что дневной уровень шума практически всегда выше или равен ночному уровню шума.

5. При сравнении полученных кривых спектральной плотности с мировыми моделями сейсмического шума видно, что в диапазоне периодов 1с – 20с стационарные кривые сейсмического шума близки к нижеуровневой модели. Если принять во внимание еще и слабо выраженную вариабельность сейсмического шума в течение суток, то можно считать, то полученные данные подтверждают вывод о необычайно подходящих условиях выбранных мест регистрации сейсмических полей для целей ядерного мониторинга.

Четкое представление о статистических характеристиках распределения уровня спектральной плотности сейсмического шума на различных частотах дают гистограммы, построенные для фиксированных частот 0,1; 1; 5 Гц. На рис. 2 приведены гистограммы уровня сейсмического шума для вертикальной компоненты сигналов на частоте 0,1 Гц. Стрелками разных цветов на них показано значение медианы спектральной плотности сейсмического шума по каждой из станций для выборок из дневных и ночных записей. Отмечено, что с уменьшением частоты сейсмический шум, соответствующий дню и ночи, сближается по уровню, что свиде-

тельствует о практическом отсутствии суточных вариаций на малых частотах. Наименьшим является разброс значений уровня сейсмического шума для частоты 1 Гц, где и сам уровень спектральной плотности проходит через минимум.

На рис. 3 представлены вариации вертикальной компоненты сейсмического шума на частоте 0,1 Гц в течение исследуемых шести суток. Подобные данные подготовлены и проанализированы для частот 1 Гц и 5 Гц. Рассчитаны коэффициенты корреляции между парами временных рядов изменений спектральных уровней шума. Полученные результаты приведены в табл.2. Из нее следует, что коэффициенты попарной корреляции довольно значительны на частоте 0,1 Гц. Такие высокие коэффициенты, по нашему мнению, объясняются океанической природой микросейсм [5]. Исключение составляет станция Талгар, для которой установлены наиболее низкие коэффициенты корреляции 0.063-0.417, что объясняется, по-видимому, преобладающим влиянием местных сейсмических и других локальных условий.

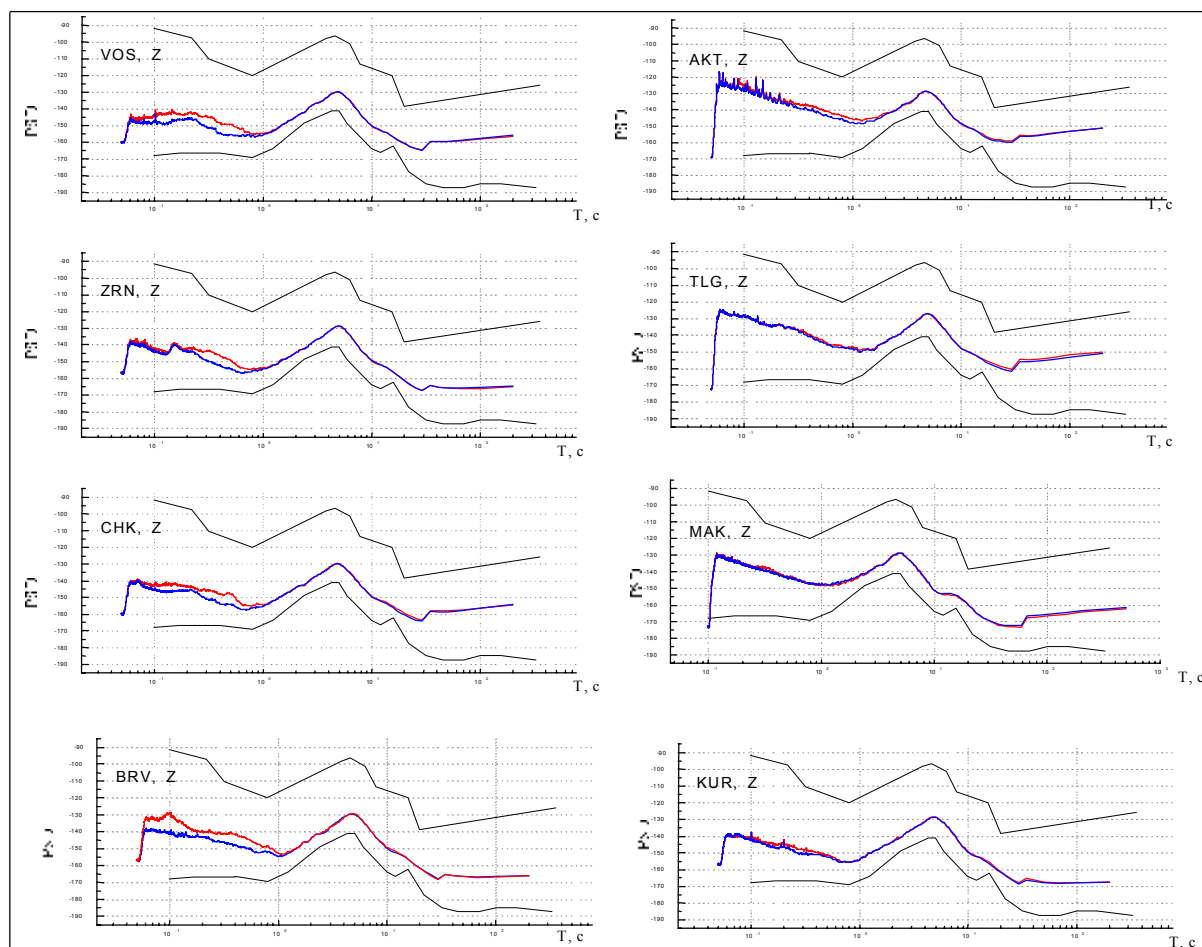


Рис. 1. Спектральная плотность сейсмического шума (PSD) для дневного и ночного времени по вертикальной компоненте.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА ПО ДАННЫМ ЦИФРОВЫХ СТАНЦИЙ КАЗАХСТАНСКОЙ СЕТИ

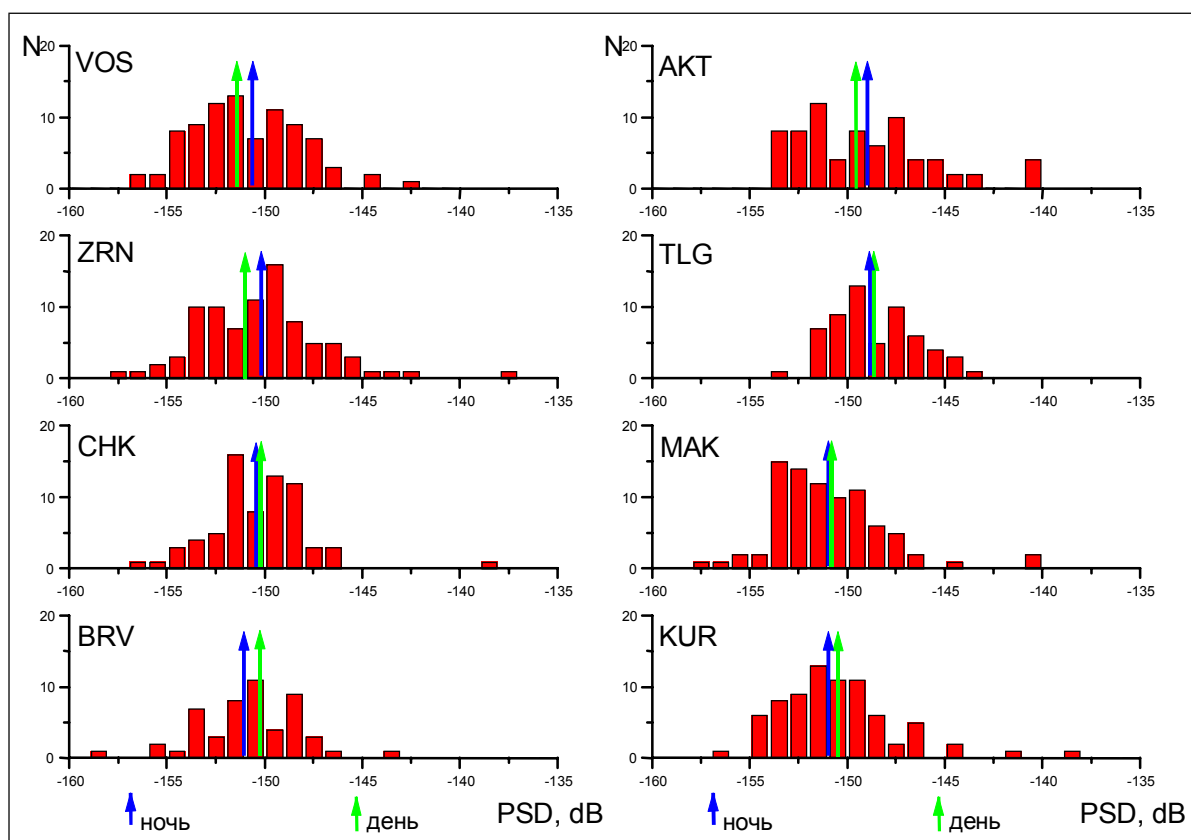


Рис. 2. Гистограмма распределения уровня сейсмического шума, частота 0,1 Гц.

Сводные данные по обследованным казахстанским станциям - значения спектральной плотности сейсмического шума на четырех фиксированных периодах для всех компонент используемых станций, - приведены в табл. 3.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции вариаций уровня сейсмического шума на частоте 0,1 Гц.

Станции	АКТ	CHK	KUR	MAKZ	TLG	VOS	ZRN
АКТ	-	0,359	0,430	0,468	0,120	0,697	0,424
CHK	0,359	-	0,377	0,219	0,417	0,509	0,309
KUR	0,430	0,377	-	0,539	0,250	0,651	0,140
MAKZ	0,468	0,219	0,539	-	0,063	0,521	0,437
TLG	0,120	0,417	0,250	0,063	-	0,329	0,214
VOS	0,697	0,509	0,651	0,521	0,329	-	0,335
ZRN	0,424	0,309	0,140	0,437	0,214	0,335	-
BRV	0,672	0,543	0,151	0,183	0,445	0,561	0,613

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА ПО ДАННЫМ ЦИФРОВЫХ СТАНЦИЙ КАЗАХСТАНСКОЙ СЕТИ

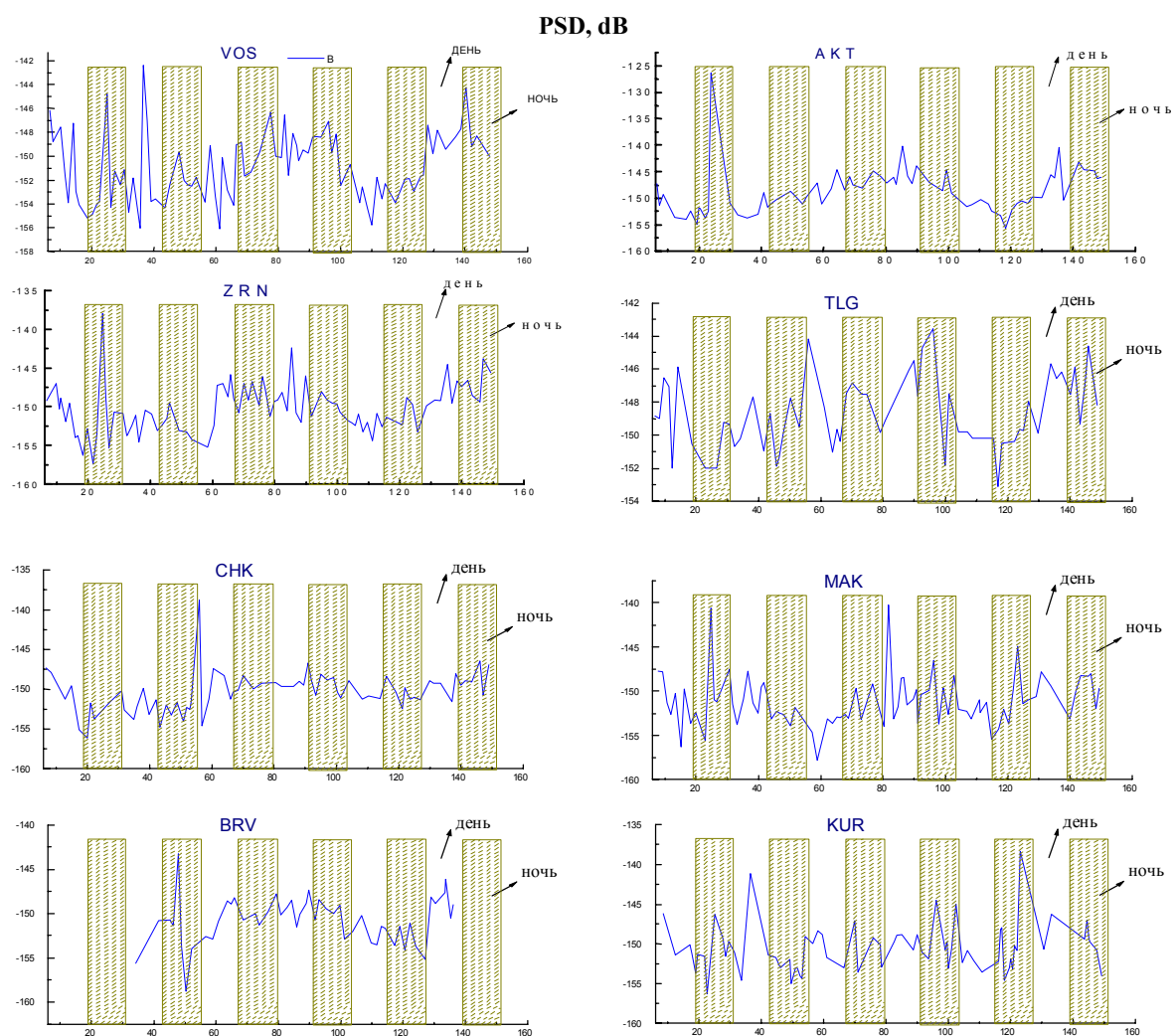


Рис. 3. Вариации уровня сейсмического шума по вертикальной компоненте за шесть дней на частоте 0.1 Гц.

Таблица 3. Спектральная плотность сейсмического шума (в дБ, относящихся к  $(\text{м}/\text{с}^2)^2/\text{Гц}$ ) по станциям казахстанской сети.

Станции	Т, с	День			Ночь		
		Е-W	N-S	Z	Е-W	N-S	Z
Курчатов (KUR)	0,1	-142	-142	-142	-144	-142	-142
	1	-156	-156	-153	-156	-156	-153
	5	-130	-130	-128	-129	-130	-130
	20	-146	-157	-157	-150	-158	-158
Маканчи (MAKZ)	0,1	-133	-150	-130	-133	-150	-130
	1	-148	-150	-147	-150	-150	-146
	5	-130	-133	-130	-132	-133	-130
	20	-158	-158	-155	-160	-100	-157
Талгар (TLG)	0,1	-129	-129	-128	-130	-129	-128
	1	-146	-130	-148	-148	-130	-128
	5	-130	-132	-128	-130	-132	-148
	20	-149	-136	-156	-145	-137	-128
Актюбинск (AKT)	0,1	-125	-126	-126	-129	-128	-128
	1	-149	-145	-146	-149	-148	-148
	5	-130	-130	-130	-131	-133	-130
	20	-150	-130	-159	-156	-143	-158

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА ПО ДАННЫМ ЦИФРОВЫХ СТАНЦИЙ КАЗАХСТАНСКОЙ СЕТИ

Станции	T, с	День			Ночь		
		E-W	N-S	Z	E-W	N-S	Z
Зеренда (ZRN)	0,1	-142	-142	-142	-143	-142	-143
	1	-155	-156	-153	-157	-157	-153
	5	-132	-133	-129	-133	-133	-129
	20	-155	-155	-157	-158	-159	-157
Восточное (VOS)	0,1	-145	-146	-143	-148	-148	-148
	1	-155	-156	-155	-157	-158	-155
	5	-134	-135	-130	-135	-135	-130
	20	-153	-156	-158	-156	-158	-160
Чкалово (CHK)	0,1	-142	-142	-142	-145	-145	-145
	1	-156	-156	-155	-157	-156	-155
	5	-133	-135	-131	-135	-134	-130
	20	-145	-154	-155	-151	-153	-155
Боровое (BRV)	0,1			-130			-140
	1			-152			-152
	5			-130			-130
	20			-162			-162

### Выводы

Таким образом, впервые по данным восьми широкополосных цифровых сейсмических станций, для территории Казахстана рассчитаны и проанализированы значения уровней сейсмического шума, а также количественно оценены их вариации в течение суток. Низкий уровень шума и его малые временные вариации делают казахстанские станции уникальным инструментом сейсмического мониторинга. Сейсмическая группа Боровое и станция Курчатов выделяются наилучшими условиями для

регистрации сейсмических сигналов среди всех казахстанских станций.

### Благодарность

Авторы выражают глубокую признательность доктору В.Е. Киму (Ламонт-Дохертская Земная обсерватория Колумбийского университета, США) за любезно предоставленную им программу POWER, а также за помощь и консультации, оказанные им в ходе выполнения данной работы.

### Литература

- 1) Комаров И.И., Синёва З.И., Михайлова Н.Н., Абдрахманова Г.С.. Модель сейсмического шума по наблюдениям геофизической обсерватории «Маканчи» В этом сборнике, с.
- 2) Сейсмическое районирование территории СССР, Москва, Наука, 1980. 307 с.
- 3) Беляшова Н.Н., Малахова М.Н. . Сейсмологическая сеть Национального ядерного центра Республики Казахстан как составная часть международной системы мониторинга ядерных испытаний. В этом сборнике, с.
- 4) Peterson Jon. Observations and modeling of seismic background noise. Albuquerque, New Mexico, 1993. 49p.
- 5) Аки К., Ричардс П.. Количественная сейсмология. Москва, Мир, 1983. С. 468-470

### Қазақстан сейсмологиялық жүйе цифрлық станциясының мәліметі бойынша динамикалық сипаттауын зерттеу

Синева З.И., Михайлова Н.Н., Комаров И.И.

*Геофизикалық зерттеу институты*

Осы жұмыста Қазақстандағы барлық сегіз сейсмикалық станциялардың сейсмикалық шудың мінездемелері зерттелген. Үш компоненттің спектральдік қисықтары есптелген, барлық зерттелген ауқымда уақытша өзгермелі нұсқалары зерттелген. Станциялардың арасында шудың деңгейі әртүрлі болуы жиілікке байланысты екені белгіленген. 10 Гц жиілікте барынша көп айырмашылықтар байқалады, ол 19 дБ-ға жетеді. 0,2-0,05 Гц жиілікте сынақтық мәнділігі бар айырмашылықтар шудың деңгейінде байқаланбайды. Ең тынышынан бастап ең гүлдегіш станциялардың тізімі: Восточное, Чкалов, Зеренда, Боровой, Курчатов, Мақаншы, Талғар, Ақтобе.

**Study of Dynamic Characteristics of Seismic Noise Basing on Data from  
Kazakhstan Network Digital Seismic Stations**

**Z.I. Sinyova, N.N. Mikhailova, I.I. Komarov**

*Institute of Geophysical Research*

This paper shows the results of research on seismic noise characteristics for 8 Kazakhstan seismic stations. Spectral three component density curves were calculated, and the temporal variations of noise were studied for the whole range under investigation. It was found that the difference in the noise level from station to station depends on frequency. Maximum difference can be observed at the frequency of 10Hz, when it reaches 19db. At the frequencies of 0.2-0.05Hz statistically significant differences in the noise level were not observed. The following list of stations starts with the quietest station and ends with the noisiest one: Vostochnoe, Chkalovo, Zerenda, Borovoe, Kurchatov, Makanchi, Talgar, Aktubinsk.