

УДК 550.344

Абдрахматов К.Е., Берёзина А.В.,
Першина Е. В., Мозолева Е. Л.
Институт сейсмологии НАН КР,
г.Бишкек, Кыргызстан

СИСТЕМА СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСТАНА

Аннотация: В статье представлены основные этапы развития системы сейсмического мониторинга Института сейсмологии НАН КР, особенности используемых сейсмических сетей и оценка качества их работы.

Ключевые слова: система сейсмического мониторинга, сеть сейсмических станций, землетрясение, сейсмограф, сейсмический шум, ядерный взрыв.

КЫРГЫЗСТАНДЫН АЙМАГЫНЫН СЕЙСМИКАЛЫК МОНИТОРИНГ СИСТЕМАСЫ

Кыскача мазмуну: Аталган иште КР УИАнын Сейсмология институтунун сейсмикалык мониторинг системасынын өнүгүүсүнүн негизги баскычтары, пайдаланылып жаткан сейсмикалык түйүндөрдүн өзгөчөлүктөрү жана алардын ишинин сапатына баа берүү берилген.

Түйүндүү сөздөр: сейсмикалык мониторинг тутуму, сейсмикалык станциялар түйүнү, жер титирөө, сейсмограф, сейсмикалык чуу, ядролук жардыруу.

SYSTEM OF SEISMIC MONITORING OF THE TERRITORY OF KYRGYZ REPUBLIC

Abstract: The basic stages of development of system of seismic monitoring of Institute of seismology NAS KR, the features of seismic networks used for data processing in Kyrgyz NDC and the estimation of quality of their operation are presented in the paper.

Key words: system of seismic monitoring, seismic network, station, earthquake, seismograph, seismic noise, nuclear explosion.

Географически Кыргызстан расположен в пределах Тянь-Шаньского орогена, который на современном этапе характеризуется активной тектонической деятельностью, проявляющейся, в том числе и в высоком уровне сейсмической активности (диаграмма 1). Ежегодно здесь регистрируется в среднем около 5 тысяч землетрясений (рисунок 1), из которых несколько десятков являются ощутимыми.

Кроме того, следует отметить, что на территории Кыргызстана периодически происходят сильные разрушительные землетрясения. Так только за последние, приблизительно 120 лет, здесь произошли три землетрясения с магнитудой $M \geq 8.0$, девять – с магнитудой $M \geq 7$. В связи с этим, сейсмический мониторинг был и остаётся одной из самых актуальных задач для Республики, имеющее как научное, так и практическое значение. Полученные при этом корректные исходные данные и их научный анализ являются основой для оценки сейсмической опасности исследуемой территории и, как следствие, планирования соответствующих превентивных мер, тем более, что очаговые зоны сильных, разрушительных землетрясений (Беловодское, Кебинское, Суусамырское) проходили и проходят через наиболее густонаселённые районы, включая столицу Кыргызстана – г. Бишкек.

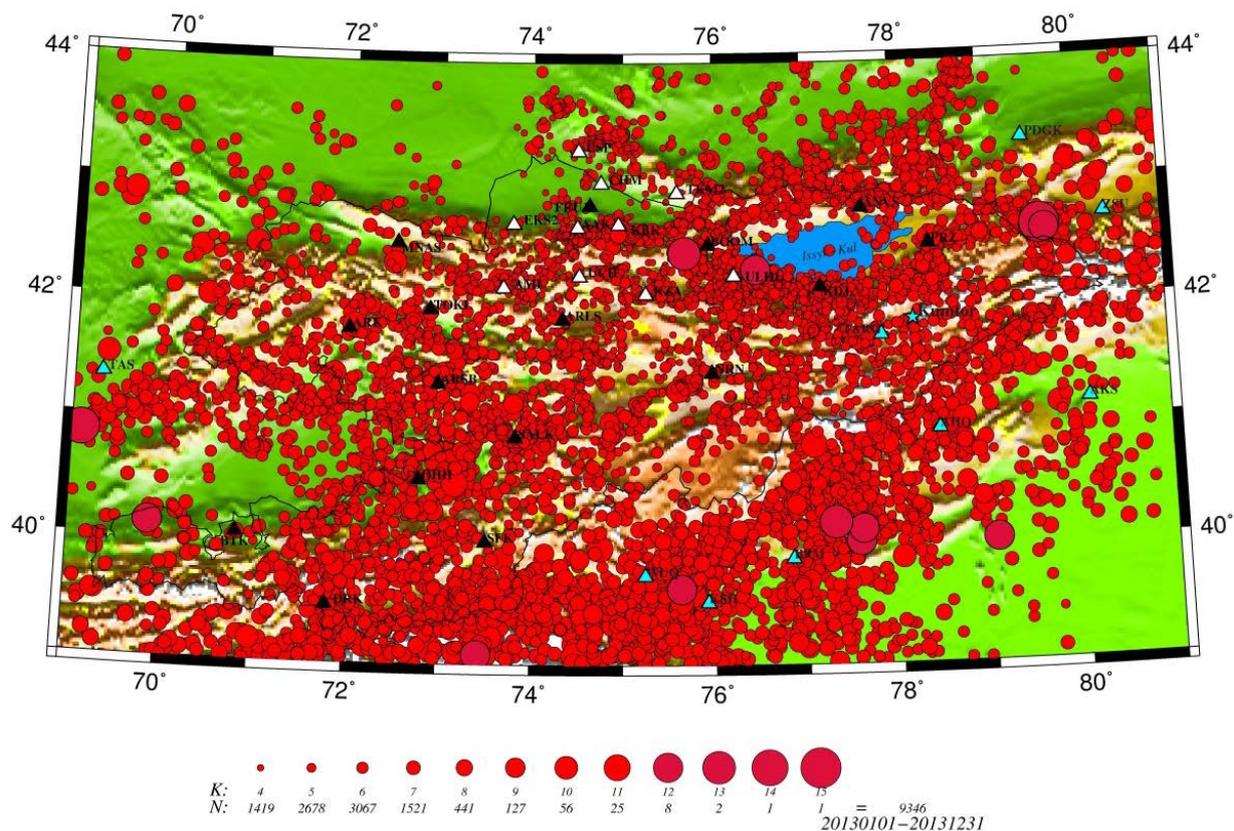


Рисунок 1. Карта эпицентров землетрясений Кыргызстана с $K \geq 4.0$ за 2013 г. (N =9346).

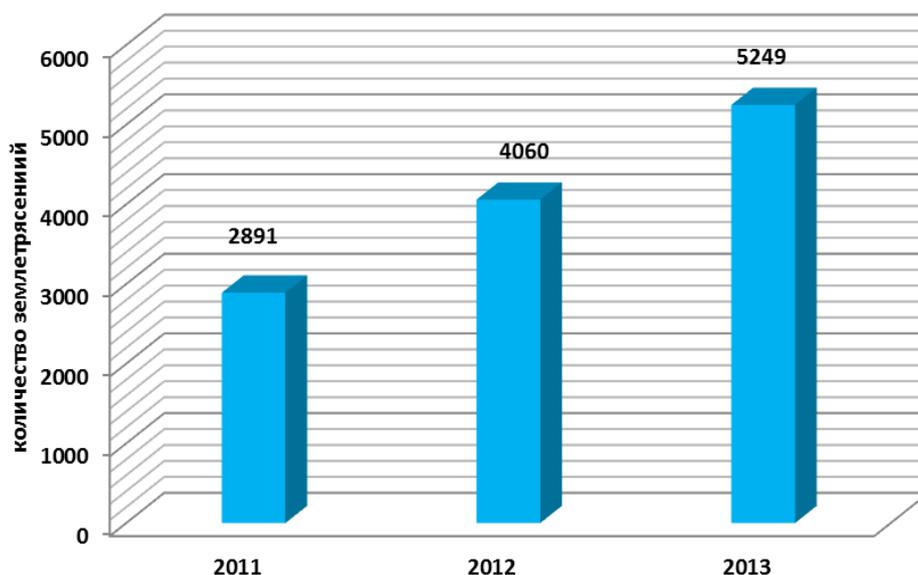


Диаграмма 1. Количество землетрясений с $K \geq 5.6$ за период с 2011 по 2013 гг.

Инструментальные наблюдения за сейсмичностью на территории Кыргызстана ведутся с 1927 г. - с момента открытия первой сейсмической станции «Фрунзе» («Бишкек»), где был установлен сейсмограф с прямой оптической регистрацией, разработанный П.М. Никифоровым (рисунок 2). В 1950 году начали свою работу пункты наблюдений "Нарын", "Пржевальск" и "Рыбачье". Станции "Фрунзе", "Нарын" и "Пржевальск" были включены в сеть ЕССН СССР (Единая Система Сейсмических Наблюдений СССР) и на них дополнительно были установлены широкополосные приборы СКД.



Рисунок 2. Сейсмограф с прямой оптической регистрацией, разработанный П.М. Никифоровым, установленный на станции «Фрунзе» ИС НАН КР (1927 – 1950 гг., NS, EW компоненты).

В 1969 году в Кыргызстане начинается создание собственной региональной сети, которое было завершено к середине 80-х годов. Сеть состояла из 34 стационарных станций, равномерно распределённых по территории Кыргызстана (рисунок 3). На всех станциях была установлена стандартная аппаратура Кирноса СКМ-3 с увеличением 20000 и СКД с увеличением 1000 (рисунок 4). Кроме стационарных станций на территории Кыргызстана в разные периоды времени организовывались временные локальные сети, которые, в зависимости от поставленных задач, размещались на небольших территориях в целях оценки сейсмической опасности, для исследования афтершоковых зон сильных землетрясений и т.д. [6].

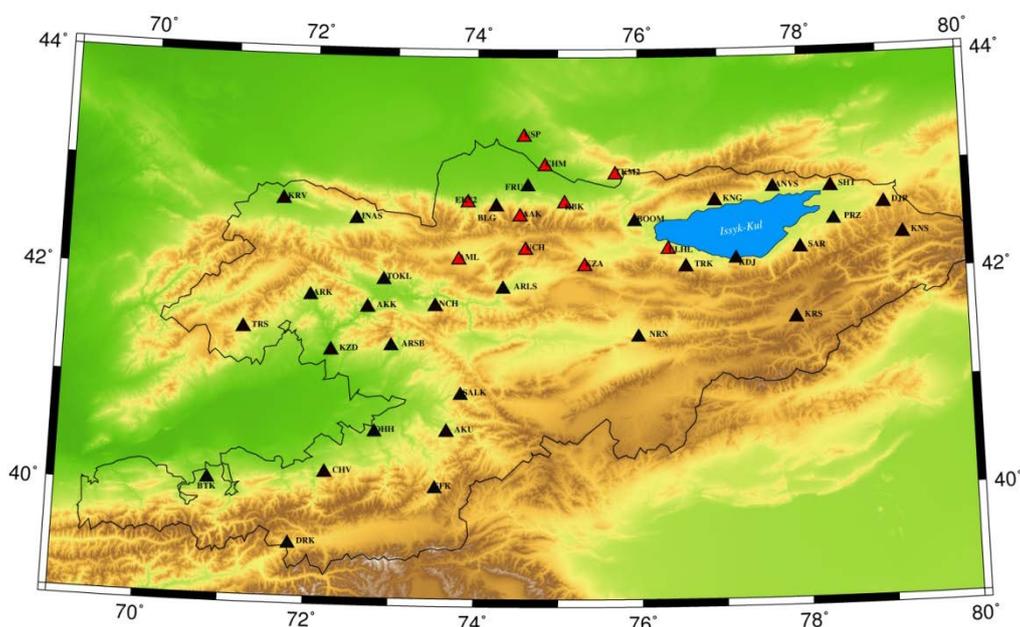


Рисунок 3. Сеть аналоговых станций ИС НАН КР.



Рисунок 4. Сейсмограф Кирноса СКМ-3 с увеличением 20000 и пример полученной сейсмограммы.

В 1990 г., благодаря содействию Консорциума IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology, США), на территории Республики была установлена первая цифровая сейсмическая станция Ала-Арча (ААК). В 1991 году на территории Чуйской впадины и её горного обрамления (так называемый Бишкекский прогностический полигон) были установлены десять цифровых станций с телеметрической системой передачи данных в режиме реального времени в центры сбора и обработки данных в г. Бишкек (Кыргызстан) и г. Сан-Диего (Калифорния, США). Эта первая сеть цифровых станций на территории Кыргызстана известна мировому сейсмологическому сообществу как KNET (Kyrgyzstan Telemetered Network). Благодаря тщательному выбору места расположения станций с точки зрения геологии и характеристик сейсмического шума, все станции данной сети системы являются высокочувствительными как к локальным, так и региональным событиям (рисунок 5).

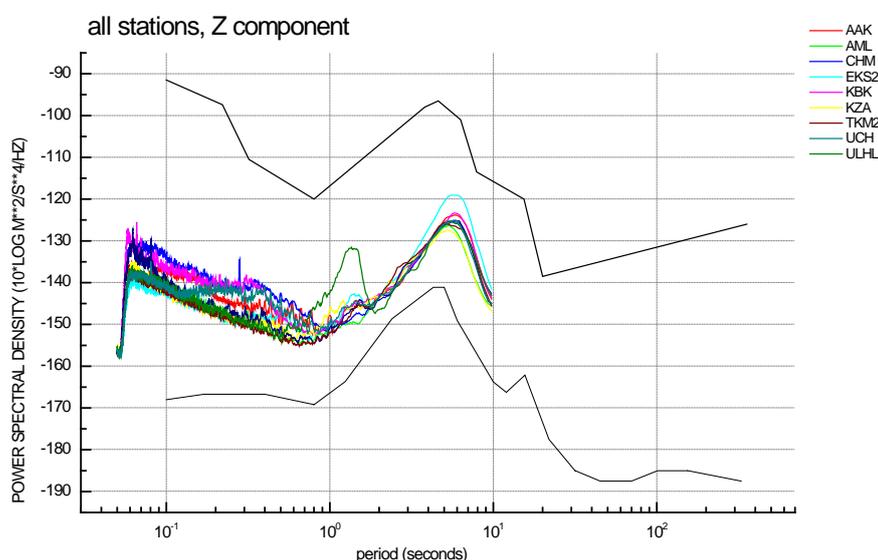


Рисунок 5. Спектральная плотность сейсмического шума по данным станций сети KNET. Ночное время.

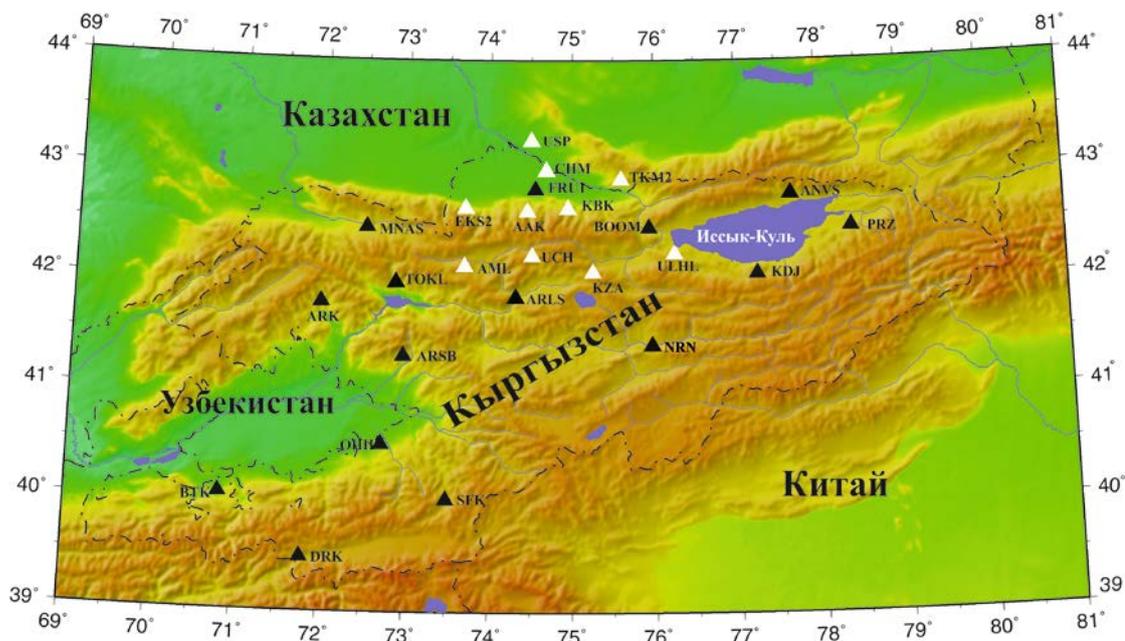


Рисунок 6. Карта расположения сейсмических станций (чёрные треугольники – сеть KRNET, белые - сеть KNET).

В 2007 году, в рамках сотрудничества Организации Договора о Всеобъемлющем Запрещении Ядерных Испытаний (ОДВЗЯИ (СТВТО)), Сейсмологическая Служба Норвегии, NOR SAR, при поддержке Министерства Иностранных Дел Норвегии предоставила Институту сейсмологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики (ИС НАН КР) 10 цифровых широкополосных станций, большая часть которых была установлена в южной части Кыргызстана, характеризующейся повышенной сейсмической активностью. В 2009 г. новая сеть станций была зарегистрирована в Международной Федерации Цифровых Сейсмографических Сетей (FDSN) как KRNET (Kyrgyz Republic Digital Network). На данный момент сеть KRNET состоит из 16 цифровых широкополосных сейсмических станций (рисунок 6, таблица 1), из которых данные 14 станций в реальном времени передаются в IRIS/DMC (www.iris.edu) (диаграмма 2) [1].

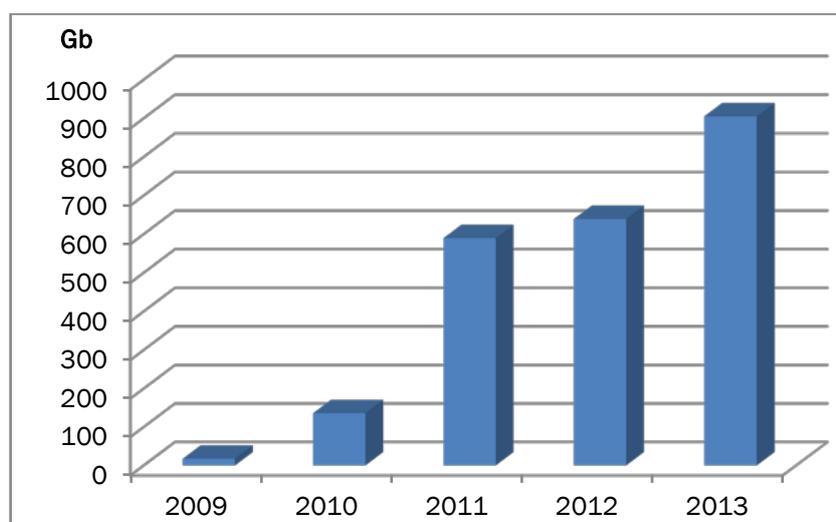


Диаграмма 2. Объем скачиваемых в FDSN данных сети KRNET в гигабайтах (Gb).

Следует отметить, что для проведения научных исследований с использованием новых данных необходимо было провести предварительный анализ качества работы новых цифровых сейсмических станций, оценку чувствительности сети (KRNET) и т.д. Изучение динамических характеристик сейсмического шума является необходимым этапом в проведении подобных исследований, так как оно позволяет вести мониторинг состояния регистрирующей аппаратуры, обеспечивает выявление изменений, связанных с аппаратурными сбоями, и своевременное устранение неполадок. На уровень сейсмического шума существенным образом влияют условие размещения аппаратуры, геологическая характеристика пород фундамента, наличие антропогенных помех, а так же природные факторы: естественная сейсмичность, реки, крупные озера и так далее.

Структура микросейсмических помех изучалась путём построения спектров плотности сейсмического шума по трём компонентам всех станций KRNET. В результате проведённого анализа по своим характеристикам станции сети KRNET подразделены на три группы [3]. Так станции, установленные на осадочных породах в больших городах Бишкек, Ош, Баткен, обладают высоким уровнем сейсмического шума, близким к верхнеуровневой модели Петерсона. Для этих станций наблюдается большая разница между дневным и ночным шумом, достигающая 10 дБ. Безусловно, эти станции уступают по чувствительности и дальности регистрации, установленным на коренных породах, вдали от населённых пунктов станциям. Однако станции, расположенные в крупных городах, чрезвычайно важны для изучения сейсмического режима больших городов и позволяют быстро реагировать на ощутимые в этих городах землетрясения [5].

Другая группа станций, а именно "Ананьево", "Арал", "Эркин-Сай", имеет среднюю чувствительность, так разница между дневным и ночным уровнем сейсмического шума достигает 5 дБ. Кроме того, на станции "Ананьево", расположенной вблизи озера Иссык-Куль, на характеристики сейсмического шума в большой степени влияют его штормовые микросейсмические [4].

Уровень сейсмического шума для станций "Арсланбоб", "Боом", "Суфи-Курган", "Нарын" и "Манас" в рабочем диапазоне периодов является близким к нижнеуровневой модели Петерсона.

Разница уровня сейсмического шума в дневное и ночное время незначительна. На рисунке 7 приведена для сравнения спектральная плотность сейсмического шума по z-компоненте для разных станций сети KRNET для ночного времени суток. Видно, что самый низкий уровень сейсмических шумов наблюдается на станции "Манас", что определяет её высокую эффективность для сейсмического мониторинга. В целом, для большинства станций сети, кроме уставленных на осадочных породах в больших городах (Бишкек, Ош, Баткен), характерен низкий уровень шумов, близкий к нижнеуровневой модели Петерсона.

Таким образом, практически все станции сети KRNET также являются высокочувствительными как к локальным, так и региональным событиям. К тому же новые станции вместе со станциями сети KNET, расположенными на севере и северо-западе Республики, обеспечили хорошее покрытие территории и позволили значительно улучшить точность локализации сейсмических событий региона. Это позволяет успешно использовать эту сеть в рамках национального и международного мониторинга землетрясений.

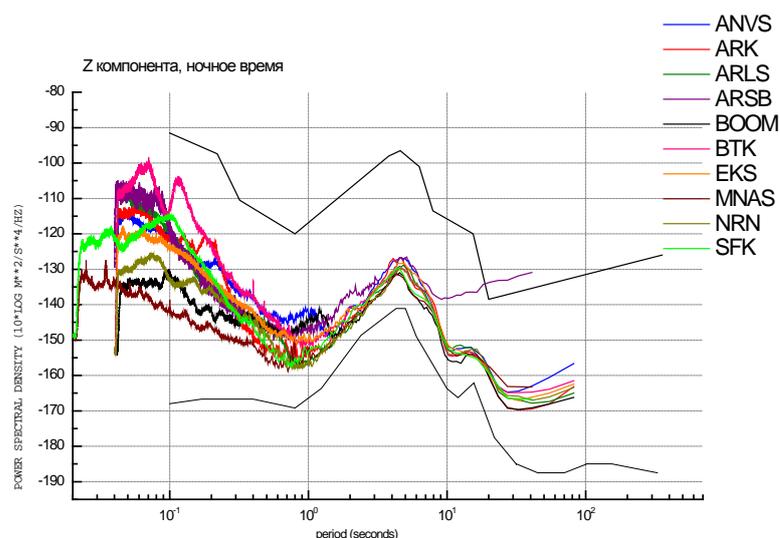


Рисунок 7. Спектральная плотность сейсмического шума по данным станций сети KRNET. Ночное время.

Также следует отметить, что одним из преимуществ сейсмических станций, функционирующих на территории Кыргызстана, является то, что они расположены на региональных расстояниях относительно всех испытательных полигонов Центральной Азии (Семипалатинский испытательный полигон, Лобнор, Похаран, Чагай, мирные ядерные взрывы на территории СССР) (рисунок 8), что позволяло и позволяет эффективно использовать данные станции при мониторинге различных взрывов.

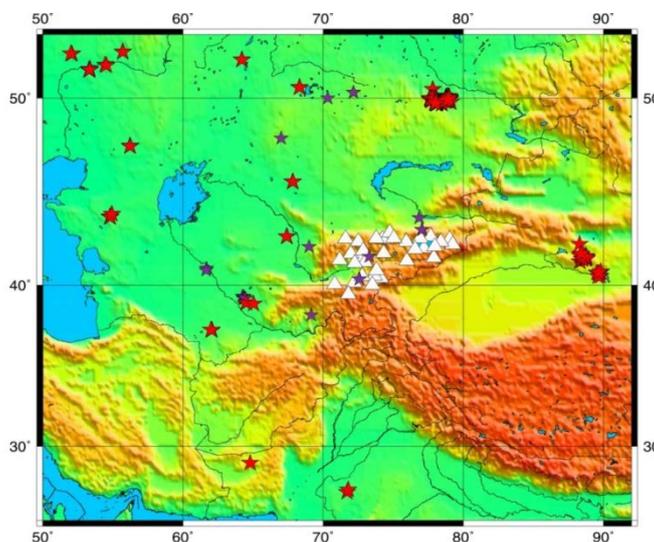


Рисунок 8. Карта расположения сейсмических станций (белые треугольники) Кыргызстана относительно произведённых ядерных (красные звёздочки) и сильных химических взрывов (сиреневые звёздочки).

Таким образом, новая сеть сейсмических станций KRNET открывает новые возможности для регионального и международного сотрудничества, так как обеспечивает материальную базу для научных исследований не только учёных нашей Республики, но и всего мирового научного сообщества.

Таблица 1

Цифровые сейсмические станции сетей «KNET» и «KRNET»

№	Станция		Координаты			Сеть
	Название	Код	Lat	Lon	H (м)	
1.	Ананьево	ANVS	42.78611	77.66722	1864	KRNET
2.	Арал	ARLS	41.85444	74.32889	1526	KRNET
3.	Аркит	ARK	41.80000	71.96667	1420	KRNET
4.	Арсланбоб	ARSB	41.33	72.97	1378	KRNET
5.	Баткен	BTK	40.05750	70.81805	980	KRNET
6.	Бишкек	FRU1	42.83333	74.61667	929	KRNET
7.	Боом	BOOM	42.49222	75.94222	1737	KRNET
8.	Каджи-Сай	KDJ	42.12722	77.19444	1830	KRNET
9.	Каракол	PRZ	42.50000	78.40000	1835	KRNET
10.	Карамык	DRK	39.48333	71.80444	2627	KRNET
11.	Нарын	NRN	41.42222	75.97000	2120	KRNET
12.	Ош	OHH	40.5244	72.7847	1001	KRNET
13.	Талас	MNAS	42.48944	72.50667	1465	CAREMON
14.	Токтогул	TOKL	41.98333	72.86806	1097	KRNET
15.	Суфи-Курган	SFK	40.01667	73.50250	2080	CAREMON
16.	Алмалы-Ашуу	AML	42.1310	73.6940	3400	KNET
17.	Ала-Арча	AAK	42.6375	74.4943	1648	KNET
18.	Чумыш	CHM	42.9985	74.7511	655	KNET
19.	Эркин-Сай	EKS2	42.6615	73.7772	1360	KNET
20.	Карагай-Булак	KBK	42.6563	74.9477	1760	KNET
21.	Кызарт	KZA	42.0777	75.2495	3520	KNET
22.	Токмок	TKM2	42.9207	75.5965	2020	KNET
23.	Учтор	UCH	42.2275	74.5133	3850	KNET
24.	Улахол	ULHL	42.2455	76.2417	2040	KNET
25.	Успенровка	USP	43.2668	74.4997	740	KNET

Литература

1. Абдрахматов К.Е., Берёзина А.В. Развитие сейсмического мониторинга в Кыргызстане. // Вестник НЯЦ РК, Выпуск 3, 2010, Курчатов, Казахстан, с. 17-22.
2. Берёзина А.В., Соколова И.Н., Мозолева Е.Л., Никитенко Т.В., Рагульская А.К. Изучение динамических характеристик сейсмического шума по данным сети KRNET. Вестник НЯЦ РК. Выпуск 1, 2012 г.
3. Jon Peterson, Observation and Modeling of Seismic Background Noise. Open-File Report 93-322, Albuquerque, New Mexico, 1993 year, 42 pp.
4. Соколова И.Н., Михайлова Н.Н. Влияние озера Иссык-Куль на эффективную чувствительность сейсмических сетей центрального Тянь-Шаня.// Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии. // Сб. докл. 7-го Казахстанско-Китайского Международного Симпозиума 2-4 июня 2010 г. Алматы; «Эверо», 2010. – С. 363-366.
5. Соколова И.Н., Михайлова Н.Н. О характеристиках сейсмического шума на периодах, близких к 1.7 с, по данным станций Северного Тянь-Шаня. // Вестник НЯЦ РК. - 2008. - Вып. 1. – Стр. 48-53.
6. Кальметьева З. А., Чеховская Р. А. Сейсмический мониторинг Тянь-Шаня по данным аналоговой сети и возможность использования данных IMS и NDC. // Вестник НЯЦ РК, Выпуск 2, 2007, Курчатов, Казахстан, с. 108-111.