

Берёзина А.В., Брагин В.Д., Першина Е.В., Рыбин А.К., Мозолева Е.Л.

МОНИТОРИНГ ТЕКУЩЕЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИИ БИШКЕКСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА: НОВЫЕ ДАННЫЕ

A.V. Berezina, D.V. Bragin, E.V. Pershina, A.K. Rybin, E.L. Mozoleva

MONITORING OF CURRENT SEISMIC ACTIVITY AT THE TERRITORY OF BISHKEK GEODYNAMIC POLYGON: NEW DATA

УДК: 550.34

Рассмотрены результаты сейсмических мониторинговых исследований территории Бишкекского геодинамического полигона за период 2012 г., полученные с помощью цифровой сейсмической сети KNET с привлечением материалов наблюдений сети KRNET. В результате анализа данных, характеризующих текущий сейсмический режим Бишкекского геодинамического полигона, выявлен устойчивый рост слабой сейсмической активности на этой территории.

Results of seismic monitoring of territory of the Bishkek Geodynamic Polygon during 2012, received on the base of the digital seismic network KNET data with attraction of the KRNET network data are considered. As a result of the data analysis indicating a current seismic mode of the Bishkek Geodynamic Polygon, a stable increase of weak seismic activity in this territory is detected.

Введение

Основная цель сейсмического мониторинга любой территории состоит в создании и непрерывном наращивании базы данных для изучения закономерностей сейсмического процесса, что даёт возможность корректно оценивать сейсмическое воздействие, рассчитывать сейсмический риск, проводить научные исследования, направленные на выявление природы сейсмичности данной территории [4].

Горный пояс Тянь-Шань - один из наиболее сейсмически активных регионов мира [6]. Но, несмотря на высокий уровень сейсмичности, крупные землетрясения здесь довольно редки. При этом сильные землетрясения концентрируются преимущественно в областях северной и южной границ Тянь-Шаня. В настоящее время в пределах Тянь-Шаня отмечается сейсмическое затишье. Кроме того, наблюдается большой дефицит сильных землетрясений на всей территории Тянь-Шаня и, в том числе, на территории Бишкекского геодинамического полигона. Учитывая это обстоятельство, а также сильную сейсмическую активизацию в планетарном масштабе, можно ожидать возникновение в этом регионе сильных землетрясений. По этой причине задача проведения непрерывных сейсмических наблюдений на густонаселённой территории Бишкекского геодинамического полигона особенно актуальна в настоящее время.

Напомним, что территория Бишкекского геодинамического полигона представляет собой прямоугольную область с центром в районе г. Бишкек,

включающую в себя большую часть Чуйской впадины и северного склона Киргизского хребта и ограниченную простираем в меридиональном направлении на расстояние около 150 км.

Сейсмологические наблюдения на базе сети KNET

С начала 90-х годов на территории Северного Тянь-Шаня функционирует современная цифровая телеметрическая сейсмологическая сеть KNET. Она состоит из 10 станций, укомплектованных широкополосными сейсмометрами типа Streckeisen (STS-2), 24-х разрядными дигитайзерами REF ТЕК-72, телеметрической системой на базе устройств широкополосной связи FreeWave и 3-х радио-ретрансляторов [3].

Большая часть станций сети KNET располагается на территории Северного Тянь-Шаня и три станции – вдоль границы с Казахским щитом (рисунок 1). Несколько основных тектонических структур, покрытых сетью, включают ряд разломных зон Северного Тянь-Шаня, Чуйскую долину и хребты севернее долины.

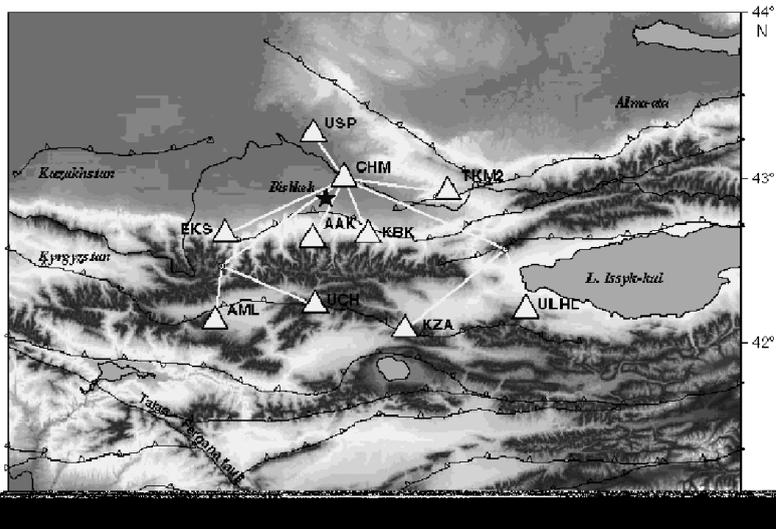


Рисунок 1. Схема расположения пунктов сейсмологических наблюдений сети KNET.

Сейсмические станции объединены посредством цифровых радиотелеметрических каналов, которые совместно с современной технологией обработки данных обеспечивают очень высокий

динамический диапазон – 140 dB и широкий диапазон сейсмических данных (0.008 – 50 Гц). Конфигурация сети была продиктована обеспечением возможного максимального покрытия территории и возможностью обеспечения телеметрической связи в пределах прямой видимости. Так как эта сеть оснащена широкополосными сенсорами, она также используется как длиннопериодная сейсмическая решетка, которая регистрирует сигналы с вероятными длинами волн в диапазоне от 10 до 100 километров.

В настоящее время 10 станций KNET регистрируют непрерывные потоки данных с дискретностью 100, 40 и 1 sps. Это позволяет качественно проводить верификационные исследования, а также наблюдать эффекты в сейсмическом поле, связанные с электромагнитным воздействием на земную кору, производимыми мощными генераторными установками, используемыми Научной станцией РАН при электромагнитных зондированиях земной коры.

На данный момент времени KNET представляет собой одну из лучших цифровых сейсмических сетей в мире. Выход доброкачественных данных с сети составляет не менее 98%. KNET позволяет выполнять автоматические непрерывные сейсмологические наблюдения и получать данные в реальном масштабе времени. Все её станции расположены на скальных породах и часть из них являются мировым эталоном по наименьшему уровню сейсмического шума.

Обработка записей сейсмических станций, определение основных и динамических параметров землетрясений

Обработка сейсмических записей ведётся по двум направлениям. Первое направление состоит в окончательном определении основных параметров землетрясений (дата, время (t_0), координаты (φ , λ), глубина (h), энергетическая оценка (K , M)), составлении аналитического каталога землетрясений

и карт соответствующих эпицентров.

Второе направление – определение динамических параметров очагов землетрясений с $K \geq 8.0$, произошедших в пределах территории с координатами: 39° 54'– 44° 00' N и 69° 00'–81° 00' E, согласно международным стандартам.

Для определения значений основных параметров землетрясений данные станций сети KNET поступают в Центр Данных (ЦД) Института сейсмологии НАН КР в режиме реального времени. Все исходные данные (волновые формы) постоянно архивируются на жёстких дисках серверов и оптических носителях (CD-диски) и в настоящее время доступны за период с 1994 г. и по сентябрь 2012 г. Данная база волновых форм доступна (по запросам) с серверов ИС РАН для всех исследователей, занимающихся сейсмологическими исследованиями территории Центральной Азии и окружения.

Обработка волновых форм (рисунок 2) ведётся на базе пакета программ «ANTELOPE». Далее в Институте сейсмологии НАН КР и Научной станции РАН создаётся полный бюллетень землетрясений, включающий в себя обработанные данные по всем сейсмическим станциям. На базе этих бюллетеней создаётся окончательный каталог землетрясений.

Для оценки качества полученных данных было проведено сравнение каталога ИС НАН КР и каталогов Мировых центров данных (МЦД) для землетрясений, произошедших на территории Бишкекского геодинимического полигона, ограниченной координатами 41.5° ÷ 43.5° сев. широты и 73.0° ÷ 77.0° вост. долготы, т.е. в пределах расположения сети KNET. В результате проведённого анализа было выявлено хорошая сходимость основных параметров землетрясений полученных каталогов и каталогов Международных центров данных.

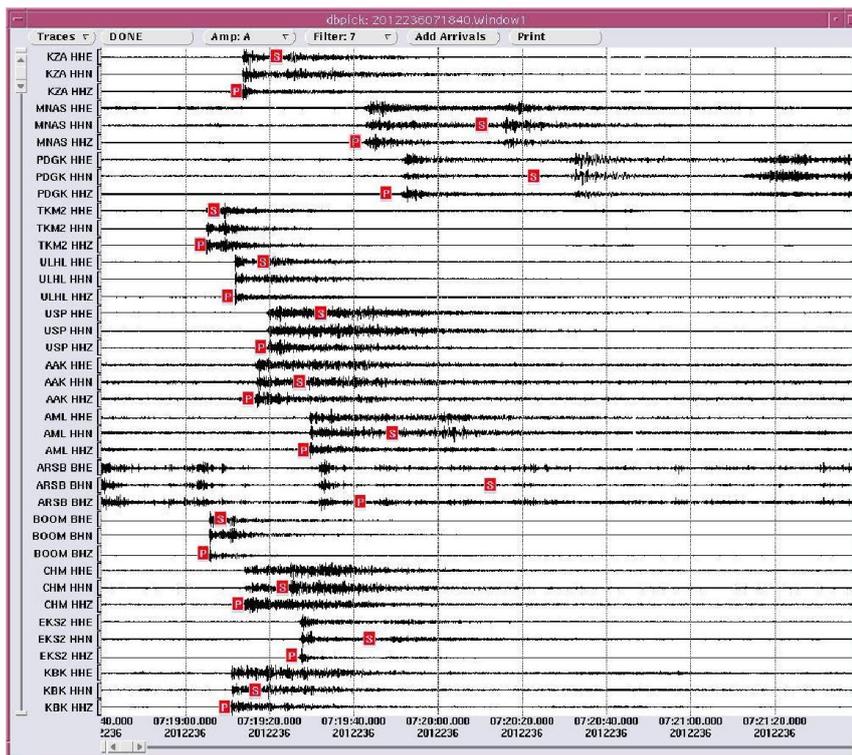


Рисунок 2. Волновые формы землетрясения по станциям сетей KNET и KRNET.

Следует отметить, что в настоящее время на территории Кыргызстана функционируют несколько промышленных карьеров, работа которых не регламентируется точно во времени. В результате, возникают большие проблемы с получением информации о работающих карьерах, графиков производства взрывов, их энергетических характеристиках. Поэтому начата работа по сбору необходимой информации и созданию каталогов взрывов, произведённых на территории Кыргызстана и прилегающей территории Казахстана. Эти работы необходимы для уверенной идентификации взрывов и соответствующей маркировки в окончательном каталоге.

Кроме основных параметров землетрясений, посредством проведения спектрального анализа идёт и определение динамических параметров очагов

землетрясений с энергетическим классом $K \geq 8$ [1,2,5], а именно:

f_0 – угловая частота спектра; Ω_0 – спектральная плотность; M_0 – сейсмический момент; R – размеры разрыва (радиус Брюна); $\Delta\sigma$ – сброшенное напряжение; D – средняя подвижка по разрыву; E – сейсмическая энергия упругих сейсмических волн (в предположении, что взаимодействие берегов разрыва определяется законом сухого трения); M_w – моментная магнитуда (по Канамори).

Длина отрезка записи для построения спектра выбирается от момента вступления S-волны до момента спада амплитуды до 1/3 максимальной амплитуды. Кроме того, уровень полезного сигнала выбранной записи должен превышать фон микросейсм в 3 раза (рисунок 3).

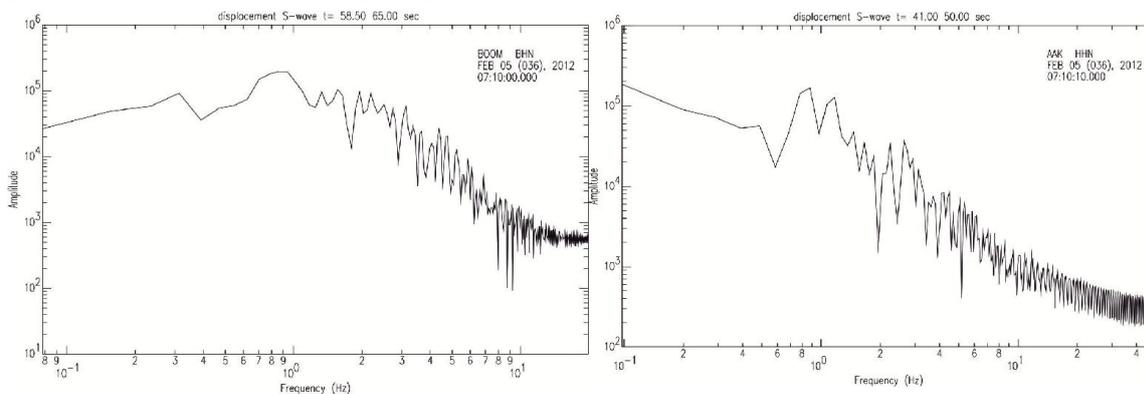


Рисунок 3. Примеры спектров смещения для станций Боом (KRNET) и Ала-Арча (KNET).

Динамические параметры имеют прямое практическое применение в области инженерной сейсмологии, а значит и сейсмостойкого строительства.

Анализ текущего сейсмического режима Бишкекского геодинамического полигона

В пределах Бишкекского геодинамического полигона ранее происходили разрушительные землетрясения: Меркенское (1865, $M=6,4\pm0,7$), Беловодское (1885, $M=6,9\pm0,5$), Верненское (1887, $M=7,3\pm0,5$), Кеминское (1911, $M=8,2\pm0,5$), Кемино-Чуйское (1938, $M=6,9\pm0,5$), Суусамырское (1992, $M=7,3$) и т.д., см. рисунок 4.

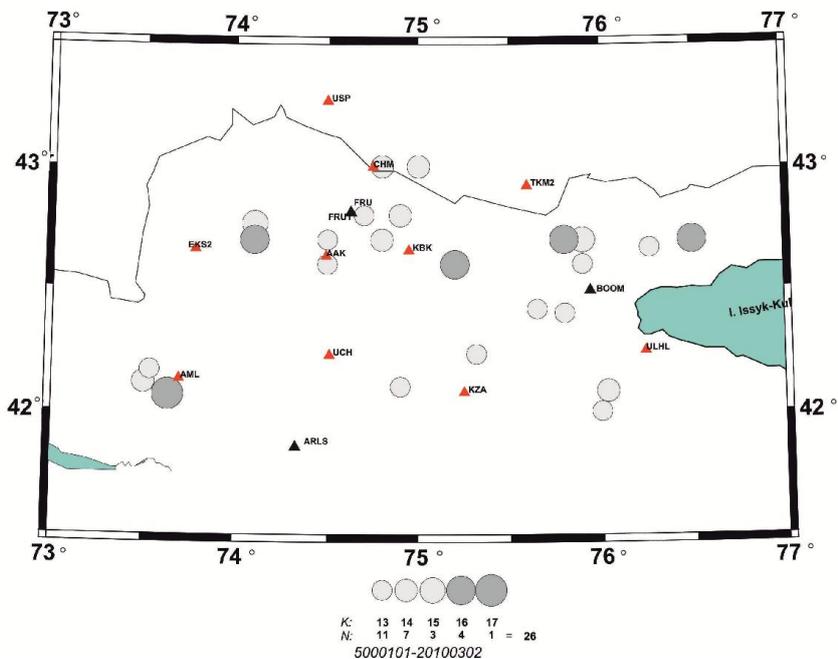


Рисунок 4. Распределение эпицентров разрушительных землетрясений с $K \geq 12.6$ для Бишкекского геодинамического полигона с 500 г. по настоящее время.

В настоящее время, как следует из нижеприведённого материала, на территории Бишкекского геодинамического полигона происходят серьёзные изменения уровня сейсмичности.

На рисунках 5-7 представлены карты эпицентров землетрясений и диаграммы изменения количества землетрясений (рисунки 8, 9) для Бишкекского прогностического полигона за июнь – август 2010, 2011, 2012 гг.

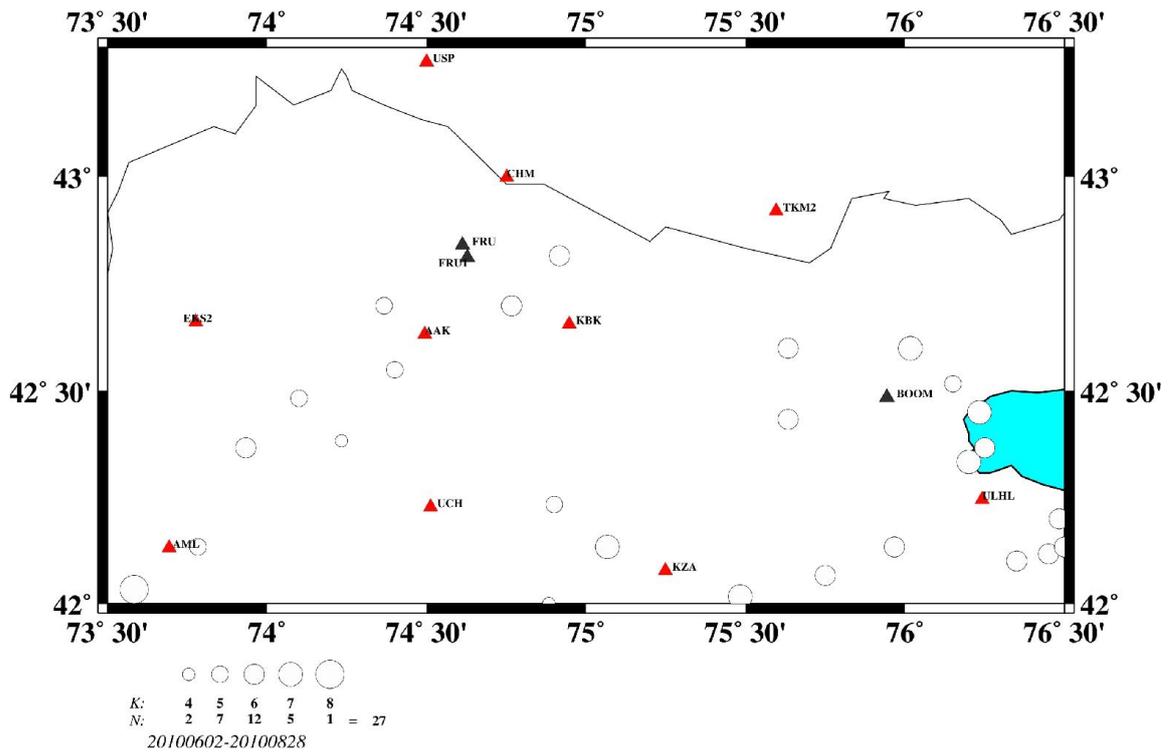


Рисунок 5. Распределение эпицентров землетрясений для Бишкекского геодинамического полигона июнь – август 2010 г.

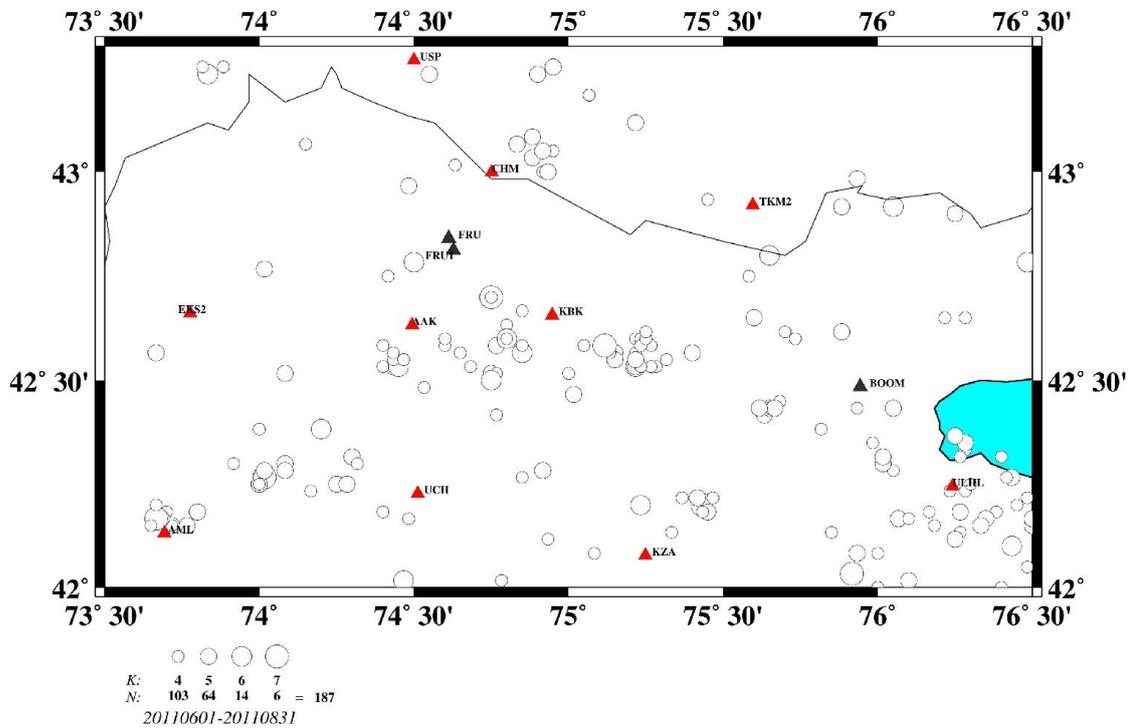


Рисунок 6. Распределение эпицентров землетрясений для Бишкекского геодинамического полигона июнь – август 2011 г.

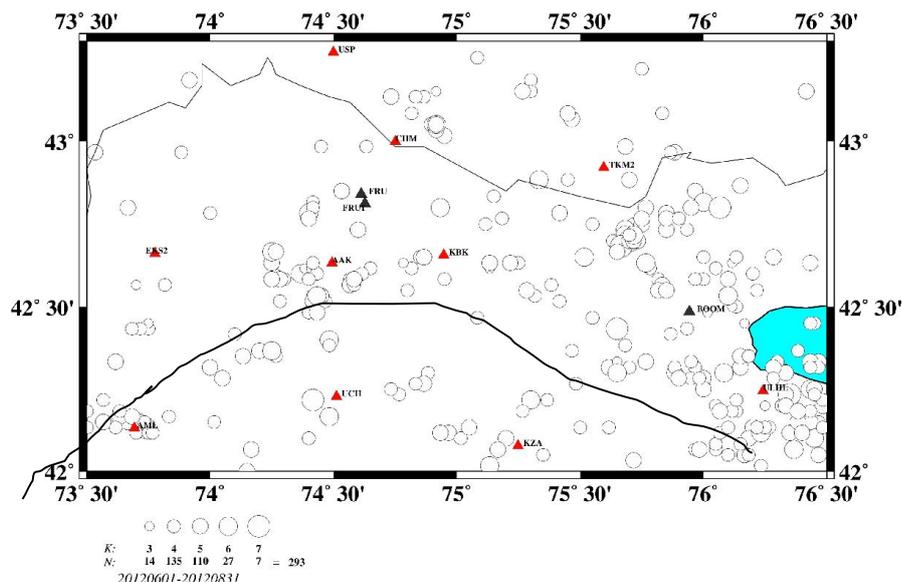


Рисунок 7. Распределение эпицентров землетрясений для Бишкекского геодинамического полигона июнь – август 2012 г.

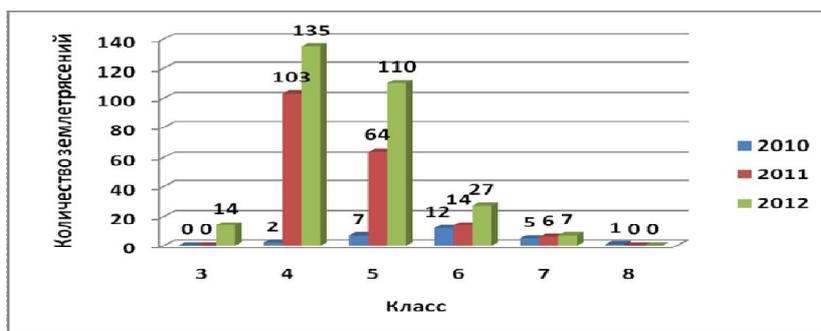


Рисунок 8. Количество землетрясений для Бишкекского геодинамического полигона за июнь-август 2010, 2011, 2012 гг.

Анализ данных показал, что мы наблюдаем активизацию сейсмических процессов в 2011-2012 гг. за счёт увеличения слабой сейсмичности (К = 4-5) см. рисунки 8, 9.

В 2012 г. наблюдается скопление эпицентров землетрясений в районе станции Улахол (ULHL); между станциям Токмок (TKM2) и Боом (BOOM); станции Ала-Арча (ААК); станции Алма-Ашу (AML) и станции Чумыш (СНМ). Вышеописанные скопления располагаются по чётко обозначившейся еще в 2011 г. дуге, образованной эпицентрами землетрясений см. рисунок 9. Интересно увеличение количества землетрясений в районе станции Чумыш (СНМ), которое является показателем роста сейсмической активности Северного Тянь-Шаня, так как ранее это был район с низким уровнем сейсмичности.

Было сопоставлено количество микротолчков за июнь-август 2010, 2011, 2012 гг., произошедших в непосредственной близости от сейсмостанций сети KNET см. рисунки 10, 11.

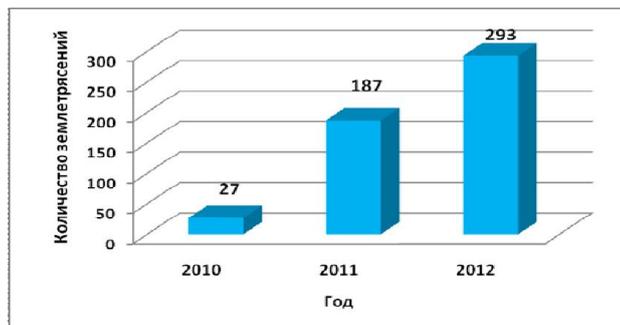


Рисунок 9. Суммарное количество землетрясений для Бишкекского геодинамического полигона за июнь – август 2010, 2011, 2012 гг.

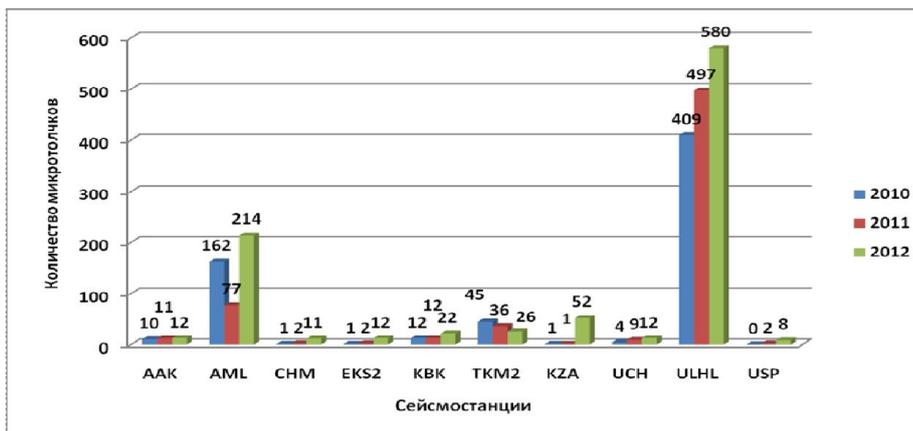


Рисунок 10. Количество микротолчков по сейсмостанциям сети KNET за июнь-август 2010, 2011, 2012 гг.

Следовательно, в 2012 г. мы наблюдаем резкое, почти на треть, возрастание количества микротолчков по сравнению с 2010, 2011 гг., когда количество микротолчков были сопоставимы между собой. Эта закономерность характерна для всех сейсмостанций, за исключением сейсмостанции Токмок (TKM2), где количество микротолчков уменьшается.

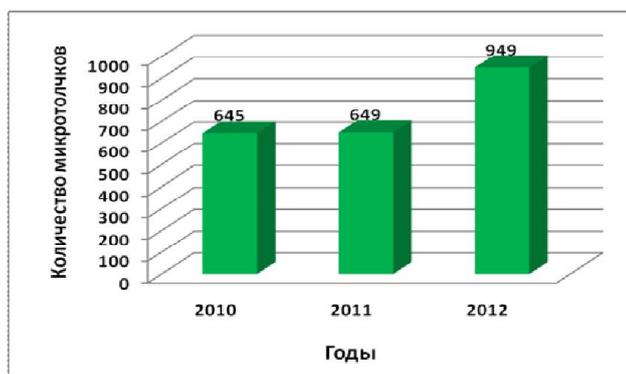


Рисунок 11. Суммарное количество микротолчков по сейсмостанциям сети KNET за июнь – август 2010, 2011, 2012 гг.

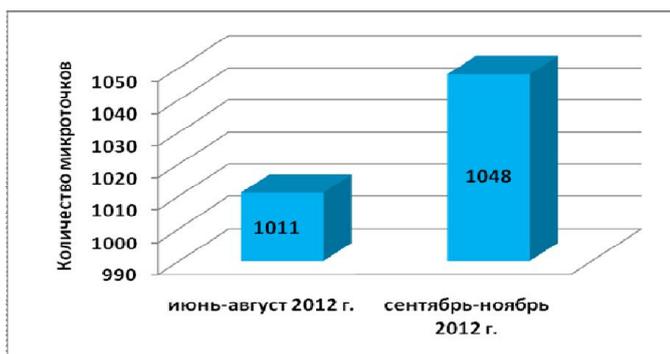


Рисунок 12. Суммарное количество микротолчков по сейсмостанциям сети KNET за июнь-август 2012 г. и сентябрь-ноябрь 2012 г.

Прослежена динамика изменения количества микротолчков на Бишкекском геодинамическом полигоне за исследуемый период. Было сопоставлено количество микротолчков за два периода: июнь-август 2012 г. и за сентябрь-ноябрь 2012 г. (рисунок 12).

В течение 2012 г. мы наблюдаем возрастание общего количества микротолчков. Эта закономерность не является характерной для всех сейсмостанций, так на станциях Чумыш (CHM), Эркинсай (EKS2), Фрунзе (FRU1) количество микротолчков заметно уменьшается. Эти станции находятся на близких расстояниях друг

от друга и охватывают участок центральной и западной частей Чуйской впадины.

Таким образом, за последние три года наблюдается устойчивый рост сейсмической активности на территории Бишкекского геодинамического полигона за счёт увеличения слабой сейсмичности.

Исследования, представленные в статье, выполнялись при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (государственный контракт №11.519.11.6049).

Литература:

1. Brune J.N. Tectonic stress and spectra of seismic shear waves from earthquakes. - «J. Geophys.Res.», 1970 v 75, N 26
2. Papoulis A. The Fourier integral and its application. McGRAW-HILL BOOK Company Inc. New-York, 1962.
3. Vernon, F. Kyrgyzstan seismic telemetry network. IRIS Newslett / F.Vernon. - 1992. – Vol. 11, № 1. – P. 7 – 9.
4. Абдрахматов К.Е., Берёзина А.В. Развитие сейсмического мониторинга в Кыргызстане. // Вестник НЯЦ РК, №3, 2010, Курчатов, Казахстан, с. 17-22.
5. Аптекман Ж.Я., Белавина Ю.Ф., Захарова А.И. и др. Спектры Р-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1989. №2. С. 66–79.
6. Бакиров, А.Б. ред. Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью / А.Б. Бакиров - Бишкек: Илим, 2006. – 116 с.

Рецензент: д.т.н., Маткертмов Т.Ы.
