

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2022-2-3-16>

УДК 550.34.01+551.591

СЕЙСМИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ЯДЕРНОГО ЦЕНТРА РК И ИХ ВКЛАД В РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Н.Н. Михайлова, А.С. Мукамбаев

Филиал «Институт геофизических исследований» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

E-mail для контактов: mukambayev@kndc.kz

В 2021–2023 гг. перед сейсмологами поставлена задача проведения работ по сейсмическому зонированию территории Восточного Казахстана. Сеть сейсмических станций этого региона представлена двумя сейсмическими группами и двумя трехкомпонентными станциями ИГИ НЯЦ РК и двумя трехкомпонентными станциями СОМЭ МОН РК. В работе даны характеристики станций ИГИ НЯЦ РК, оценены их возможности в регистрации событий разных магнитуд на разных расстояниях. Представлена информация о регистрации взрывов и землетрясений этими станциями. Всего станциями ИГИ НЯЦ РК зарегистрировано почти 34000 событий за 2002–2020 гг. После распознавания взрывов и удаления их из каталога сейсмических событий построена карта эпицентров землетрясений территории Восточного Казахстана, включающая в себя 28000 землетрясений. Этот материал является одной из основных информационных составляющих для проведения оценок сейсмической опасности в этом регионе.

Ключевые слова: станция, сейсмическая группа, землетрясение, взрыв, сейсмограмма, каталог, магнитуда, эпицентр.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из базовых составляющих для расчета параметров сейсмической опасности и построения карт сейсмического районирования территорий, наряду с картой активных разломов, является каталог землетрясений. Качество каталога, его полнота, точность и достоверность включенных в него параметров, в первую очередь, определяются существующей сетью сейсмических наблюдений. В настоящее время для Восточного Казахстана стоит актуальная задача создания новых карт сейсмического зонирования территории. Но следует признать, что для этой территории Казахстана долгие годы не существовало удовлетворительной сети сейсмических станций. Даже сильное разрушительное Зайсанское землетрясение 1990 года не смогло кардинально поменять ситуацию. После него была открыта лишь одна стационарная станция Сейсмологической опытно-методической экспедиции – Зайсан. Положение дел с сейсмическими наблюдениями значительно улучшилось после открытия в составе Национального ядерного центра РК Института геофизических исследований в 1993 году, после чего начали устанавливаться новые цифровые сейсмические станции и сейсмические группы. В этой статье анализируются характеристики станций, их магнитудная чувствительность и изучается их вклад в создание каталогов землетрясений и, тем самым, в проблему оценки сейсмической опасности.

СТАЦИОНАРНЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

На территории Восточного Казахстана первая сейсмическая станция была установлена в 1934 г., в городе Семипалатинск [1, 2]. Сейсмическая станция Семипалатинск (SEM) расположена непосредствен-

но на территории города с достаточно высоким уровнем антропогенных шумов. На таких станциях невозможно достичь высокого усиления сигнала. Долгие годы на станции регистрация велась с помощью сейсмометра СК с небольшим увеличением. Позже в период 1997–2005 гг. на станции дополнительно был установлен сейсмометр СКМ [3], а начиная с 2005 года на станции начала функционировать цифровая трехкомпонентная сейсмическая станция DAS6102 с сейсмометром EP105. Станция Семипалатинск в советское время входила в состав Единой сети сейсмических наблюдений СССР, затем была передана СОМЭ МОН РК. Расположение станции (SEM) приведено на рисунке 1. Отметим, что в советское время данные станции Семипалатинск не поступали в обработку в Центр обработки Института сейсмологии и СОМЭ, не использовались для составления каталогов землетрясений.

С начала 1960-х годов на территории Западного Алтая в Российской Федерации были развернуты станции Алтае-Саянской экспедиции (рисунок 2). Они регистрировали землетрясения с очагами на большей части территории Восточного Казахстана. В связи с этим, для исследования сейсмичности Восточного Казахстана за период 1962–1991 гг. можно привлекать ежегодные сборники «Землетрясения в СССР» [4], в которых публиковались каталоги Алтае-Саянской экспедиции [4, 5].

После разрушительного Зайсанского землетрясения 14 июня 1990 г., СОМЭ МОН РК открыла новую стационарную сейсмическую станцию Зайсан [6] (рисунок 1), с сейсмометром СКМ-3 [3], которая в 2003 году была модернизирована, на ней было установлено оборудование DAS6102 и сейсмометр SP400RN.

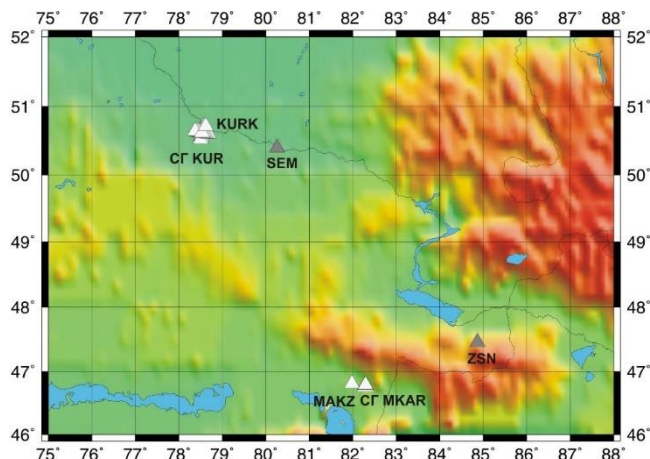


Рисунок 1. Карта расположения современных цифровых сейсмических станций на территории Восточного Казахстана (△ – станции ИГИ НЯЦ РК, ▲ – СОМЭ МОН РК)

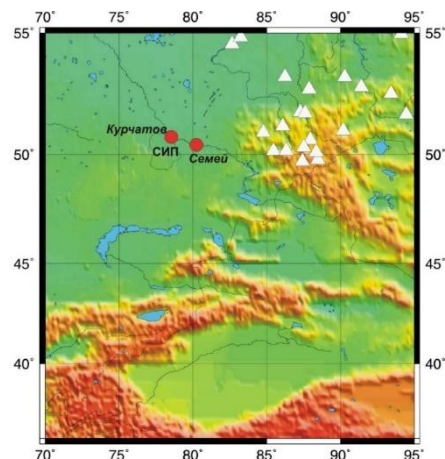


Рисунок 2. Расположение сейсмических станций (△) Алтае-Саянской экспедиции

На территории Восточного Казахстана в советское время работали сейсмические станции Службы Спецконтроля (ССК МО СССР), которые проводили мониторинг ядерных испытаний с полигонов мира [6–9]. Созданная в 1957 г. в г. Курчатов сейсмическая лаборатория 13.02.1960 г. впервые в практике этой лаборатории зарегистрировала наземный ядерный взрыв мощностью 2–150 кт ТНТ, произведенный Францией на полигоне Регган (пустыня Сахара) в Алжире [9, 10]. Для регистрации ядерных испытаний на полигоне Лобнор в КНР (первое испытание проведено 16.10.1964 г.) в составе Семипалатинской лаборатории были созданы 3 пункта с сейсмической и акустической аппаратурой, приближенные к границе с КНР: Бахты, Токты и Зайсан [9]. В 1970 г. в 60 км от границы с КНР была установлена сейсмическая станция Маканчи (МАКЗ) (рисунок 1). В последующие годы лабораторией были зарегистрированы 43 ядерных испытания, проведенных в КНР. К концу 1969 г. на территории Семипалатинского полигона была установлена первая экспериментальная сейсмическая группа «Крест» (KURK) (рисунок 1), что позволило регистрировать подземные ядерные взрывы малой мощности, произведенные на полигоне Невада в США, и увеличить число контролируемых ядерных полигонов до 9. В 1993 году все станции ССК на территории Казахстана были переданы ИГИ НЯЦ РК, после чего проведена их полная модернизация. Отметим, что данные станций службы спецконтроля не были доступны для составления каталогов и изучения сейсмичности.

С середины 1994 года в Казахстане заработали первые станции новой цифровой сейсмической сети станций Института геофизических исследований НЯЦ РК [11].

Основной задачей сети мониторинга ИГИ НЯЦ РК является мониторинг ядерных испытаний в рамках Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний [11] и землетрясений на всем земном

шаре. В настоящее время в сеть входят 7 трехкомпонентных станций, 5 сейсмических групп. Данные этой системы передаются в Международные центры для составления мировых сейсмологических бюллетеней (REB, ISC, EMSC, ГС РАН) и проведения научных исследований в разных странах, а также используются для задач обеспечения сейсмической безопасности на территории Казахстана.

Сейсмические станции сети ИГИ НЯЦ РК характеризуются отличными условиями для регистрации сейсмических сигналов, низким уровнем сейсмических шумов в районе расположения [11]. Благодаря тщательному выбору площадок под строительство станций с точки зрения геологии и характеристик сейсмического шума, погружению аппаратуры в скважины, удачной конфигурации групп, комплексированию широкополосной и короткопериодной аппаратуры, все станции системы являются высокочувствительными как к региональным, так и телесеismicким событиям. Этот факт позволяет успешно использовать систему в рамках национального и международного мониторинга. Для создания сейсмического бюллетеня Центральной Азии Центр данных получает в режиме реального времени данные всех сейсмических групп и трехкомпонентных станций ИГИ НЯЦ РК, данные зарубежных сейсмических групп ZAL и АВКТ, данные трехкомпонентных станций Кыргызстана ААК. Для создания совместного с СОМЭ МОН РК бюллетеня используются замеренные времена вступления и амплитуды сейсмических фаз по данным трехкомпонентных станций сети СОМЭ МОН РК.

На территории Восточного Казахстана в сети ИГИ НЯЦ РК в настоящее время работают 2 трехкомпонентные станции глобальной сети IRIS – Курчатова (KURK) и Маканчи (МАКЗ), а также 2 сейсмические группы – Курчатова-Крест (KUR) и Маканчи (МКАР). Рассмотрим характеристики станций ИГИ НЯЦ РК более детально.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ГРУППА КУРЧАТОВ-КРЕСТ

Созданная еще в советское время сейсмическая группа «Крест» расположена вблизи г. Курчатов, в северо-восточной части Казахстана (рисунок 1) [9]. Ориентация «Креста» была выбрана таким образом, чтобы максимально усиливать сейсмические сигналы от слабых подземных ядерных взрывов, проводимых на полигоне Невада (США).

Сейсмическая группа «Крест» представляет собой два линейных ортогональных профиля (широтный и меридиональный) приборных скважин, длиной по 22,5 км каждый. На каждом профиле имеется по 10 приборных скважин (пунктов) с общим центральным пунктом в месте пересечения профилей. Среднее расстояние между пунктами приблизительно равно 2,25 км. Меридиональный профиль (пункты 1–10) имеет азимут простирания СВ 10°, широтный профиль (пункты 11–20) имеет азимут простирания СЗ 280° (рисунок 3). Центр группы (пункт № 21) находится в 13 км от г. Курчатов.

Система группирования была реконструирована в 1986–1992 гг. В 1994 г. группа *Курчатов-Крест* начала работу в составе ИГИ НЯЦ РК. В каждой скважине на глубинах 26,5–52 м были установлены короткопериодные скважинные сейсмоприемники К-213-С с периодом собственных колебаний 2 с.

В октябре 1994 г. в центральном пункте сбора данных на 2-ой технической площадке геофизической обсерватории «Курчатов» был установлен 16-битовый аналогово-цифровой преобразователь на базе персонального компьютера. Аналоговые сигналы оцифровывались со скоростью 20 отсчетов в секунду и записывались непрерывно на компьютерный диск емкостью 4 Гб. С января 1995 г. скорость отсчетов увеличена до 40 отсчетов в секунду.

По Договору о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, подписанном Казахстаном в 1996 г., сейсмическая группа *Курчатов-Крест* включена в

сеть сейсмического мониторинга Международной системы мониторинга как вспомогательная станция (AS-058). В соответствии с требованиями к станциям Международной системы мониторинга в 2006 г. станция была модернизирована. 18 декабря 2006 года станция была сертифицирована международной комиссией в качестве станции международного мониторинга. Новое оборудование установлено в тех же приборных сооружениях, что и в старой системе. На пунктах 1–20 установлены однокомпонентные сейсмометры CMG-3V, на пункте 21 – трехкомпонентный сейсмометр CMG-3TB, дигитайзер – Еурога-Т фирмы Nanometrics. Частота оцифровки 40 отсчетов в секунду.

Сбор информации в центр системы (CRF) и пункт обработки данных (TS2) осуществляется посредством радиомодемов VIP 110-24. Полученные на станции данные по спутниковому каналу от CRF передаются в Международный центр данных в Вену. Из МЦД (Вена) данные в реальном времени поступают в Центр данных (KNDC) в г. Алматы.

Сейсмическая группа *Курчатов-Крест* расположена в степной слабохолмистой местности в левобережье реки Иртыш. Превышения рельефа составляют от 160 м до 210 м над уровнем моря. Ко всем пунктам группы подходят полевые грунтовые дороги. В районе расположения группы проходит железная дорога, соединяющая города Семипалатинск – Курчатов – Аксу и Курчатов – угольный карьер «Каражыра», расположенный вблизи бывшей площадки СИП «Балапан». Также в районе расположения группы проходят автомобильные дороги, соединяющие г. Курчатов и г. Семипалатинск, а также дорога, соединяющая г. Курчатов с бывшими испытательными площадками СИП «Балапан» и «Дегелен». Эти факторы создают сейсмические шумы на записях сейсмической группы.

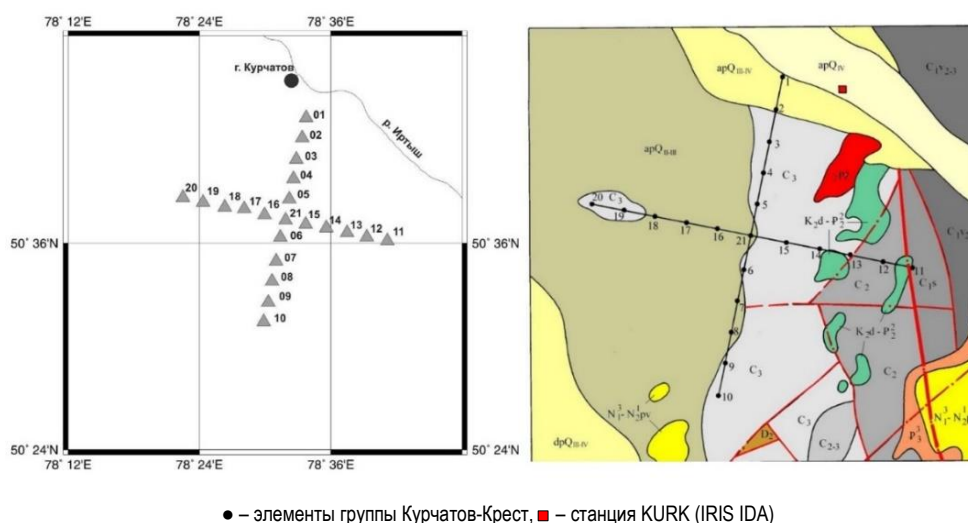


Рисунок 3. Расположение пунктов сейсмической группы Курчатов-Крест (слева) и геологическая карта (справа) района его расположения

На рисунке 4 представлены рассчитанные кривые спектральной плотности сейсмического шума по одному из элементов сейсмической группы Курчатов-Крест (KUR01), там же показаны ниже- и верхнеуровневые мировые модели шума Петерсона [12, 13].

Из рисунка 4 следует, что для станции KUR в диапазоне периодов более 1 с характерны шумы, близкие к нижеуровневой модели шума, что обеспечивает ее высокую эффективность в работах как по региональному, так и глобальному сейсмическому мониторингу. В высокочастотной области на станции наблюдаются шумы, связанные с антропогенными шумами.

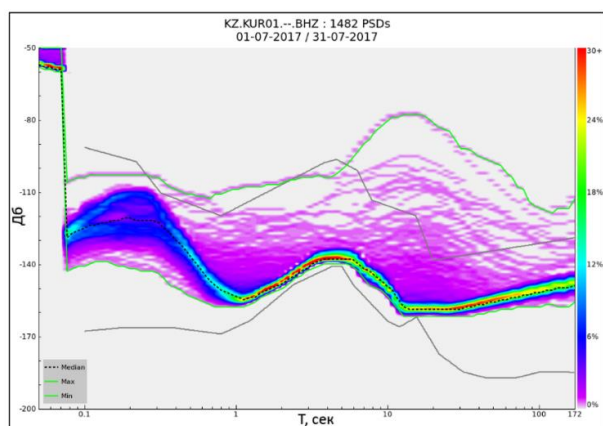


Рисунок 4. Спектральная плотность сейсмического шума по станции Курчатов-Крест, элемент KUR01

ТРЕХКОМПОНЕНТНАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ КУРЧАТОВ (KURK)

Трехкомпонентная сейсмическая станция Курчатов была установлена как станция службы спец контроля в 1957 г. На этом же месте в середине 1994 г. в рамках проекта МНТЦ К063 совместно с Ламонт-Дохертской лабораторией Колумбийского университета США была установлена широкополосная трехкомпонентная сейсмическая станция KUR(KURK), дигитайзер Reftek97-18 с сейсмометром STS2. В разные периоды времени на станции использовалась частота оцифровки 40 Гц и 100 Гц.

В этом же месте чуть позже была установлена сейсмическая станция KURK глобальной сети станций IRIS/IDA, расположенная вблизи элемента СГ Курчатов-Крест KUR01. Станция была открыта 26 марта 1995 г. Сейсмические датчики станции – STS1, STS2 и акселерометр FBA23 установлены в шахте глубиной 25 м. Регистрирующая аппаратура: 26-битный (для сейсмометров) и 24-битный для акселерометра АЦП Quanterra Q330HR установлены рядом с датчиками. Частота оцифровки: 20 Гц для каналов STS1, 40 опросов/сек/канал – STS2. В сентябре

2019 г. произведена модернизация станции, аппаратура вместо шахты перемещена в скважину глубиной 41,1 м. Были установлены широкополосные сейсмометры STS6, STS5A, в качестве акселерометра установлен Kinematics Episensor ES-T. В качестве дигитайзера используются Quanterra Q330HR, частота оцифровки 40 Гц для сейсмометров и 100 Гц для акселерометра сильных движений.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ГРУППА МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА (МСМ) МАКАНЧИ – (МКАР, PS23)

Первичная сейсмическая группа международной системы мониторинга (МСМ) – (МКАР, PS23) находится в Урджарском районе Восточно-Казахстанской области в 25 км к востоку от поселка Маканчи. Сейсмическая группа Маканчи является малоапертурной и состоит из 10 точек наблюдения, расположенных по двум окружностям с одной центральной точкой. Радиус внутреннего кольца ~500 м, наружного ~2000 м (рисунок 5). На 9 пунктах в скважинах установлены однокомпонентные вертикальные сейсмометры GS21 (Geotech Instruments). Кроме того, имеется одна широкополосная трехкомпонентная станция с сейсмометром CMG-3TB (Guralp) (до 2011 года был сейсмометр KS54000 СТВТО). Регистрирующая аппаратура – 24-битные АЦП AIM24S (Science Horizons). Частота оцифровки 40 Гц. Привязка временной шкалы – система GPS. В январе 2002 г. станция была сертифицирована специальной комиссией МСМ в качестве первичной станции МСМ [14].

Группа расположена в пределах гранитоидного массива (рисунок 5), дифференцированного по составу. Центральная часть массива сложена розовыми среднезернистыми биотитовыми, лейкократовыми и аляскитовыми субщелочными гранитами основной интрузивной фации (γ Pz3III). Экзогенная трещиноватость в гранитоидах развита до глубины 14–16 м, в некоторых местах может достигать глубины 20–25 м.

В северной части участка, вдоль северо-восточной границы гранитоидного массива, проходит разлом северо-восточного направления с падением плоскости сместителя на северо-запад под углом 80 градусов. Местами шов разлома становится вертикальным. В центральной части участка прослежен разлом северо-восточного направления, к которому приурочена прямолинейная долина (рисунок 5).

На рисунке 6 представлены спектральные кривые сейсмического шума, рассчитанные по одному из элементов группы Маканчи (МК01). Видно, что кривые шума близки к нижеуровневой модели сейсмического шума Петерсона на большом интервале периодов, что делает станцию эффективной при глобальном и региональном мониторинге [12, 15].

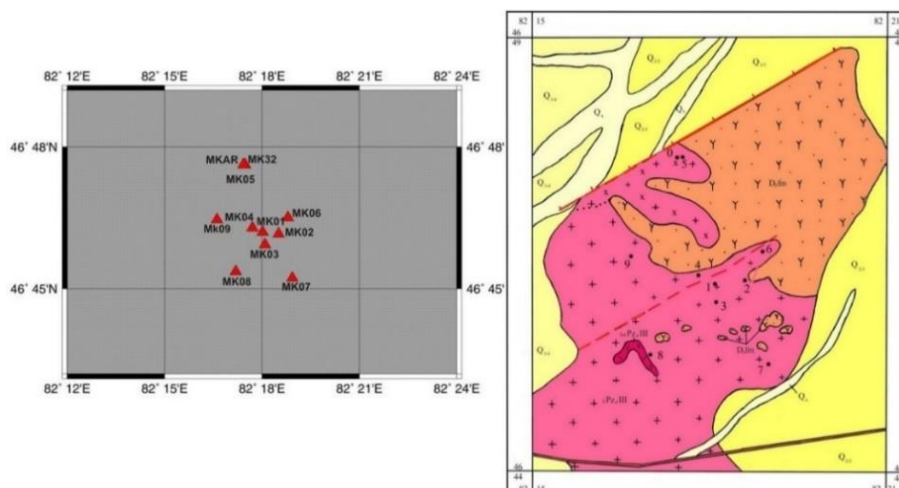


Рисунок 5. Конфигурация элементов (слева) и геологическая карта (справа) участка расположения приборных скважин сейсмической группы Маканчи

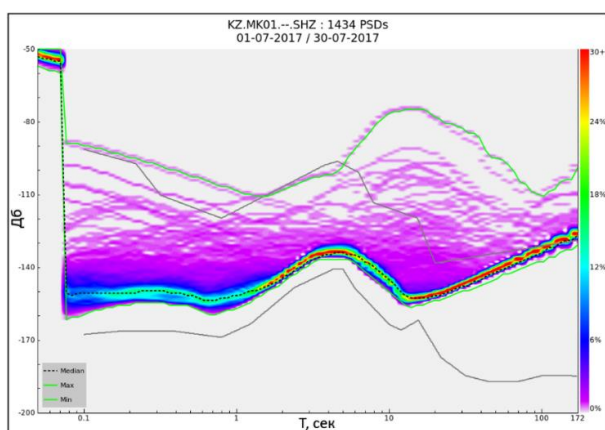


Рисунок 6. Спектральная плотность сейсмического шума по станции Маканчи, элемент MK01

ТРЕХКОМПОНЕНТНАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ МАКЗ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТИ СТАНЦИЙ IRIS/GSN

Станция находится в Урджарском районе Восточно-Казахстанской области в 3 км к северо-западу от поселка Маканчи. Станция имеет давнюю историю, она начала работу с 1970-х годов как станция службы спецконтроля. На этом же месте в рамках проекта МНТЦ К063 совместно с Ламонт-Дохертской лабораторией Колумбийского университета США в середине 1994 г. была установлена широкополосная трехкомпонентная сейсмическая станция МАК(МАКЗ). В качестве дигитайзера использовался Quanterra680, сейсмометр STS2. В разные периоды времени на станции использовалась частота оцифровки 20, 40 Гц и 100 Гц.

Сейсмические датчики станции – STS2 и акселерометр Episensor установлены в штольне. Регистрирующая аппаратура: 26-битный (для сейсмометра) и 24-битный (для акселерометра АЦП Quanterra Q330HR) установлена в соседнем с датчиками отсеке. Частота оцифровки: 40 Гц (STS2) и 100 Гц для ак-

селерометра (ждущий режим). Привязка временной шкалы: система GPS.

Таким образом, сеть станций Восточного Казахстана, входящих в сеть ИГИ НЯЦ РК, представлена в настоящее время двумя сейсмическими группами – Курчатов-Крест (KUR) и Маканчи (MKAR), а также двумя трехкомпонентными станциями KURK и MAKZ. С учетом отдельных станций (элементов) группы всего функционирует 33 пункта, где установлены сейсмические приборы. Все станции интегрированы в международные системы мониторинга. Маканчи и Курчатов-Крест – станции Международной системы мониторинга ДВЗЯИ, трехкомпонентные станции Маканчи и Курчатов – станции системы IRIS.

ОЦЕНКА МАГНИТУДНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНЫХ И ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫХ МАГНИТУД

Использование сейсмических групп в мониторинге событий значительно эффективнее, чем отдельных трехкомпонентных станций. Это связано с тем, что специфика обработки данных по сейсмической группе позволяет локализовать источник даже по одной группе. По отдельным трехкомпонентным станциям необходимо минимум три станции при их благоприятном расположении относительно источника. Кроме того, использование группы позволяет существенно усиливать полезный сигнал за счет возможности корреляции сигналов на записях отдельных элементов группы. Тем самым повышается вероятность детектирования слабых сигналов и их параметризации.

Обработка зарегистрированных сигналов с помощью группы может проводиться двумя способами. Если событие близкое, его эпицентр находится в пределах периметра группы или на расстоянии до примерно 5 апертур группы, то можно использовать сейсмическую группу как сеть отдельных станций. В других случаях для обработки используется частотно-волново-численный анализ (f-k анализ) [16].

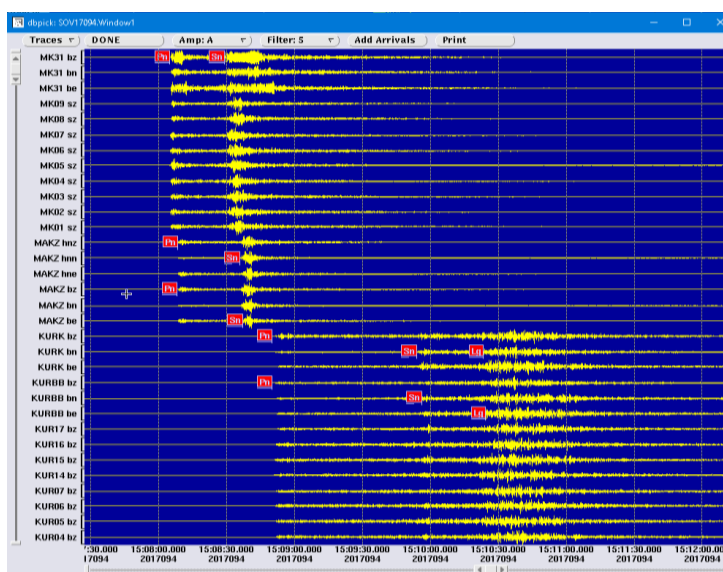


Рисунок 7. Сейсмограммы землетрясения в районе г. Зайсан 4 апреля 2017 г. 15:07:28,29, $K=13.3$, $mpv=5,6$

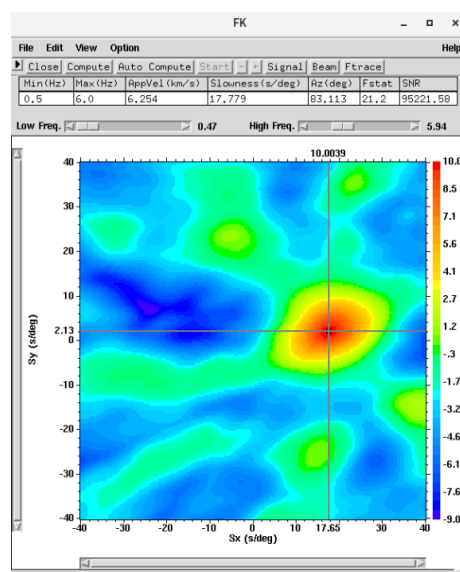
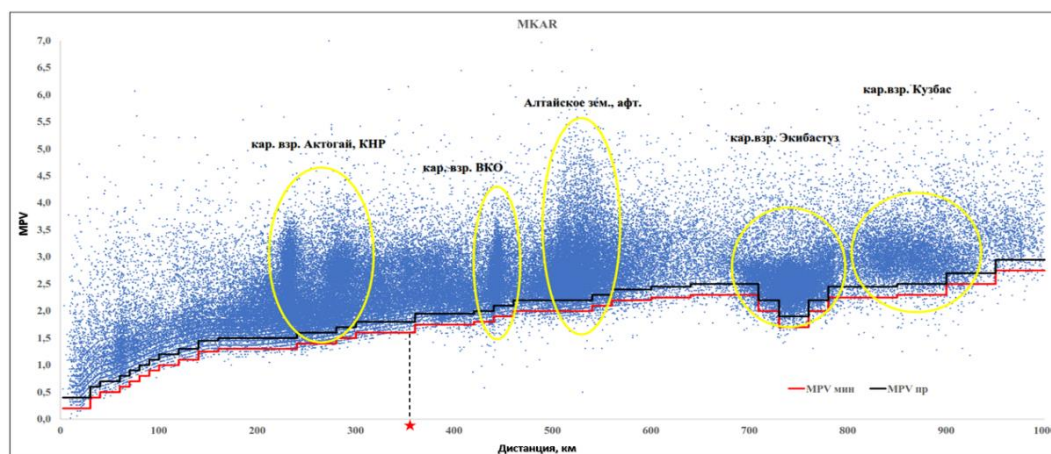


Рисунок 8. Результат f-k анализа по данным сейсмической группы Маканчи



— график минимальных магнитуд регистрируемых событий; — график магнитуд уверенной регистрации событий

Рисунок 9. График дальности регистрации сейсмических событий с разными значениями магнитуд (mpv) по станциям Маканчи (MKAR)

Пример обработки данных сейсмических групп показан на рисунках 7 и 8. На рисунке 7 показаны записи сильного землетрясения в районе оз. Зайсан, полученные на двух сейсмических группах – Маканчи и Курчатов-Крест, а также на двух трехкомпонентных станциях MAKZ и KURK. Землетрясение произошло 4 апреля 2017 года в 15.07.28,29 и имело магнитуду $mpv=5,6$. На рисунке 8 показаны результаты применения f-k анализа для определения баказимута и медленности.

Чтобы убедиться в реальной эффективности станций в регистрации событий Восточного Казахстана на разных расстояниях и в разных азимутах от сейсмических станций, по данным сейсмических бюллетеней KNDC были изучены графики дальности регистрации событий с разными магнитудами.

Анализ данных сейсмической группы Маканчи за 20 лет ее работы показал, что станция является очень чувствительной. На рисунке 9 приведен график дальности регистрации сейсмической группой Маканчи событий разной магнитуды в диапазоне расстояний до 1000 км. Каждая точка на графике – это одно событие, землетрясение или взрыв. Вблизи станции регистрируются события даже с магнитудой, равной 0–0,5. Обращает на себя внимание присутствие четких кластеров сейсмических событий на определенных расстояниях. Чаще всего ими являются взрывы, произведенные в различных карьерах, а также афтершоки произошедших сильных землетрясений. Так на расстоянии 500–550 км от станции Маканчи хорошо выделяется зона Алтайского (Чуйского) землетрясения (2003 г.) с многочисленными афтершоками.

По таким графикам можно говорить о минимальной магнитуде регистрируемых событий для каждого диапазона расстояний, а также о представительной магнитуде. Чем меньше эти значения, тем чувствительнее станция.

На рисунке 10 приведен график дальности регистрации 3-х компонентной станцией Курчатов (IRIS) в диапазоне расстояний до 1000 км за 2007–2020 гг. На этом графике также четко выделяются отдельные кластеры событий. В основном, вблизи станции вплоть до расстояний 400 км регистрируются карьерные взрывы. Также на расстоянии 500–550 км хорошо выделяется Алтайское землетрясение (2003 г.) с афтершоками. Для карьерных взрывов магнитуды регистрируемых событий определяются мощностью проводимых взрывов, поэтому по ним затруднительно делать вывод о представительных магнитудах. Однако видно, как закономерно происходит постепенный рост минимальной магнитуды с расстоянием. Станция Курчатов уступает в чувствительности сейсмической группе Маканчи. Но на самых близких расстояниях она регистрирует единичные события на бывшем Семипалатинском полигоне, что очень важ-

но для задач оценки сейсмической опасности территории СИП и учета ее для сейсмобезопасности особо ответственных объектов.

Графики дальности регистрации по разным станциям имеют общие характерные черты. На малых расстояниях вплоть до 150 км рост предельных и представительных магнитуд с расстоянием происходит довольно круто, приращение магнитуд достигает более 1. Далее увеличение магнитуд с расстоянием замедляется, приращение магнитуд на 600 км составляет 1 единицу. С расстояния примерно 700 км магнитуды практически становятся постоянными с ростом расстояния. Это связано с приходящими в первых вступлениях сейсмическими волнами и наблюдаемой сменой фаз в первых вступлениях. Прямые сейсмические волны P_g на расстояниях 150 и более километров сменяются волнами P_n, связанными с границей Мохоровичича, которые прослеживаются в первых вступлениях до конца диапазона исследуемых расстояний. P_g распространяются в земной коре и подвержены более сильному затуханию, чем волны P_n, что и отражается на графиках.

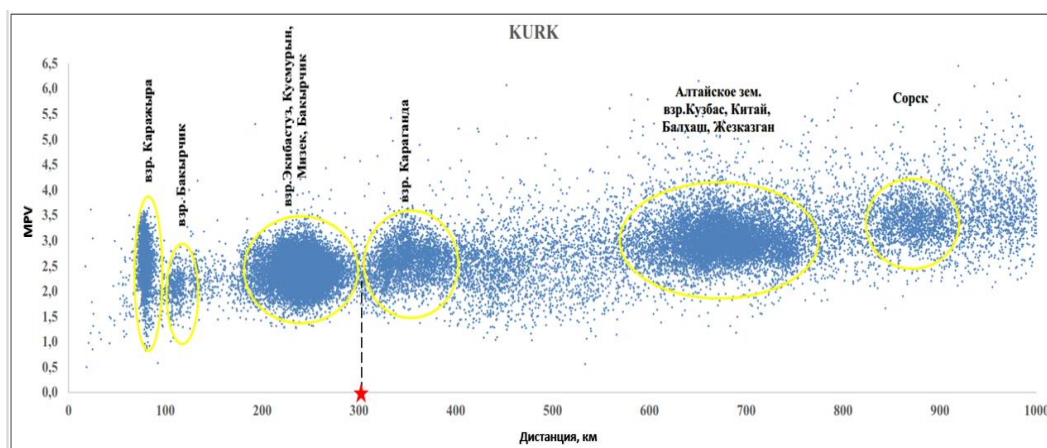


Рисунок 10. График дальности регистрации сейсмических событий с разными значениями магнитуд (mrv) по станции Курчатов (KURK)

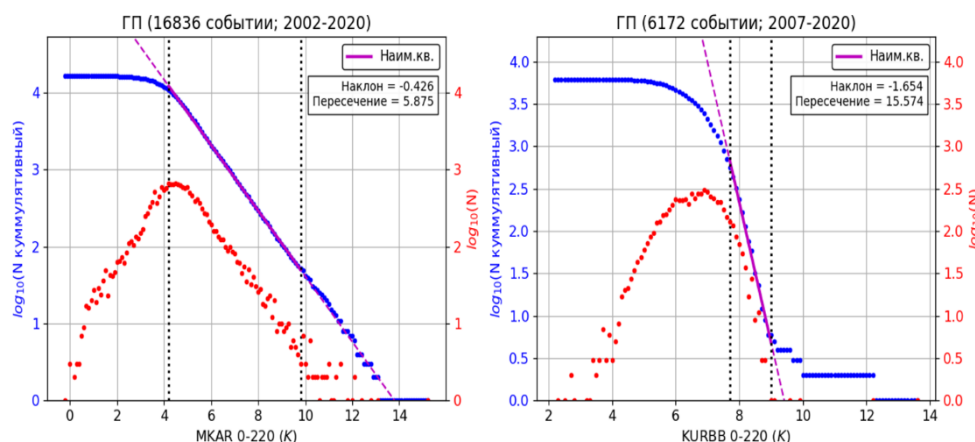


Рисунок 11. Графики повторяемости по энергетическому классу по данным ст. Маканчи (слева) и Курчатов (справа) для территорий с радиусом вокруг станций 220 км

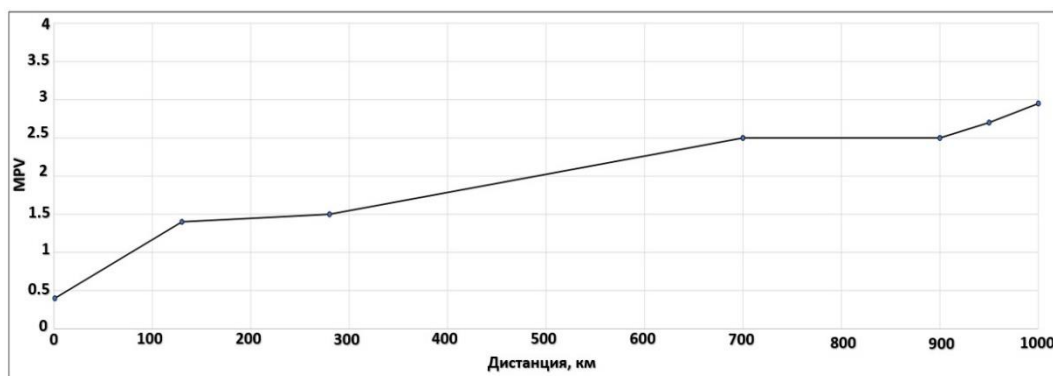


Рисунок 12. График представительно регистрируемых событий по магнитуде m_{pv} станцией Маканчи (MKAR)

Минимальные магнитуды регистрируемых событий на разных расстояниях определяются просто: их значения ограничивают облако событий «снизу». Чтобы строго подойти к определению представительных магнитуд для каждого диапазона расстояний, можно воспользоваться таким инструментом, как построение графиков повторяемости. Однако при таком подходе существуют определенные проблемы. Посмотрим на рисунок 13. На малых расстояниях от станции Курчатов практически не регистрируются землетрясения. Вся выборка состоит из карьерных взрывов. Предельные значения магнитуд регистрируемых событий полностью определяются мощностью производимых взрывов, поэтому оценить значения магнитуд, как предельных, так и представительных по графикам повторяемости не представляется возможным.

На рисунке 11 представлены графики повторяемости по двум станциям. По станции Маканчи угол наклона графика повторяемости соответствует традиционным значениям для районов природной сейсмичности и равен $\gamma = -0,43$. Представительный класс равен 5. Минимальный класс 0,1.

По станции Курчатов по графику повторяемости видно, что угол наклона графика повторяемости не соответствует природной сейсмичности: $\gamma = -1,65$. Минимальный регистрируемый класс 2,2. «Представительный» класс, скорее всего соответствует наиболее часто производимым взрывам с классом 7,5.

Вывод: прежде, чем делать заключения о параметрах регистрируемых событий для оценки чувствительности сейсмических станций, необходимо убедиться в том, что события являются именно землетрясениями, а не взрывами.

На рисунке 12 приведен график представительно регистрируемых событий по магнитуде m_{pv} станцией Маканчи (MKAR). Для всей территории Восточного Казахстана станцией не пропускаются события с магнитудой 3,0 и более. На меньших окружающих станцию территориях представительно регистрируются гораздо более слабые толчки. Исходя из рисунка 12 можно утверждать, что на всей изучаемой территории Восточного Казахстана станция Курчатов не пропустит события с магнитудой 3,0–3,5 и более.

Следует заметить, что в магнитудной чувствительности станций существует азимутальная неоднородность. Впервые это было показано в работе Михайловой Н.Н., Синева З.И. в 2004 г. [17]. Такой эффект связан с неоднородностью глубинного строения среды в разных направлениях от станции.

ЗАПИСИ КАРЬЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В ДАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Мы показали, что даже для такого частного вопроса, как выяснение возможностей в регистрации землетрясений разной магнитуды, важно иметь информацию о карьерах и карьерных взрывах. Высокий приоритет в проблеме оценки сейсмической опасности имеет маркировка взрывов в каталогах землетрясений. Только после корректировки каталога и удаления из расчетов взрывов разной природы можно получить надежные обоснованные данные по параметрам опасности. Поэтому для станций Восточного Казахстана надо иметь основу для отбраковки из общего каталога взрывов.

За предыдущие годы исследований для усовершенствования методов обнаружения и распознавания карьерных взрывов были проведены полевые работы по детальному изучению промышленных взрывов на большей части территории Казахстана, включающей и территорию Восточно-Казахстанской (ВКО) области [18]. В 2012 году проведены полевые исследования промышленных взрывов по территории ВКО. В первой половине года был проведен предварительный анализ материалов, включающий анализ изданной карты полезных ископаемых Казахстана, материалы космических съемок и данные по регистрации сейсмических событий по исследуемой территории за 2009–2011 гг., а также литературные источники и сведения из Интернета о горнопромышленной деятельности, по которым составлены предварительные таблица и схема возможно действующих карьеров по территории ВКО. Затем были проведены полевые исследования с выездом в места расположения предприятий, осуществляющих промышленные взрывы по территории Восточно-Казахстанской области. По результатам полевых исследований составлена окончательная таблица и схема действующих

ющих карьеров и других объектов (шахт в том числе) по территории ВКО, на которых проводились промышленные взрывы в 2011–2012 гг., где указаны их расположение, где приводится их активность по количеству взрывов в год и максимальная мощность взрывов на фоне средней мощности.

Результаты полевых исследований позволили установить на территории ВКО 49 объектов промышленных взрывов (в том числе действующих – 42, временно законсервированных – 5, законченных в 2012 г. – 2 объекта). Основными источниками промышленных взрывов на территории ВКО являются взрывы в карьерах, производящих добычу руд – преимущественно золота, реже меди и других цветных (Ni) и чёрных (Mn, Mo) металлов, а также каменного угля. Лидером в производстве карьерных взрывов по количеству и мощности взрывчатого вещества остаётся угольный разрез Каражыра, производящий свыше 150 взрывов в год с максимальной мощностью ВВ до 45500 кг на фоне средней 10000 кг. Также сейсмическими станциями регистрируются промышленные взрывы в шахтах по добыче, меди, цинка, где осуществляется отбойка руды камерным способом с массой взрывчатого вещества, превышающей 3–10 и более тонн за один взрыв. Это объекты крупных горнорудных компаний ТОО «Казцинк» (5 шахт), ТОО «Корпорация Казахмыс» (4 шахты) на Рудном Алтае. На рисунке 13 приведена карта расположения карьеров и шахт на территории Восточного Казахстана и эпицентры установленных взрывов. На рисунке 14 представлена карта эпицентров сейсмических событий за время работы сейсмических станций ИГИ НЯЦ РК. В нее вошли данные по 34000 взрывам и землетрясениям.

Определение природы источников очень важно для дальнейших работ по оценке сейсмической опасности. Требуется, чтобы в конечном счете каталог землетрясений был очищен от взрывов и состоял толь-

ко из природных событий. Часто для их распознавания имеется возможность использовать только сейсмические методы, поскольку получить информацию о проведенных взрывах от горнодобывающих предприятий не удастся.

Для распознавания сейсмических событий по записям сейсмических станций обычно проводится изучение следующего комплекса параметров: 1 – координаты эпицентра события и их близость к известным карьерам; 2 – глубина события; 3 – особенности волновой картины записей; 4 – время события относительно суток; 5 – диапазон энергетических классов; 6 – спектральное отношение амплитуд в различных волновых группах; 7 – характеристики спектров разных волновых групп; 8 – распределение знаков первых вступлений и механизмы очага.

Каждый из перечисленных параметров в отдельности не может являться надежным признаком для верного разделения сейсмических событий на взрывы и землетрясения. Анализ нескольких признаков в комплексе, например, близость местоположения эпицентра события к известному карьере, малая глубина события, характерная запись этого события инфразвуковой станцией, а также время события, относящееся к рабочему времени суток, повышают шанс отнести зарегистрированное сейсмическое событие к классу карьерных взрывов. Наибольшую эффективность при распознавании имеют спектральные отношения поперечных и продольных волн и особенности волновой картины записи события. В качестве дополнительных критериев рассматриваются характерные для каждого карьера диапазоны энергетических классов. Отметим, что конкретные количественные критерии распознавания могут различаться в различных регионах Казахстана, а также для разных станций регистрации и разных карьеров, что обуславливает необходимость специального изучения и поиска критериев распознавания.

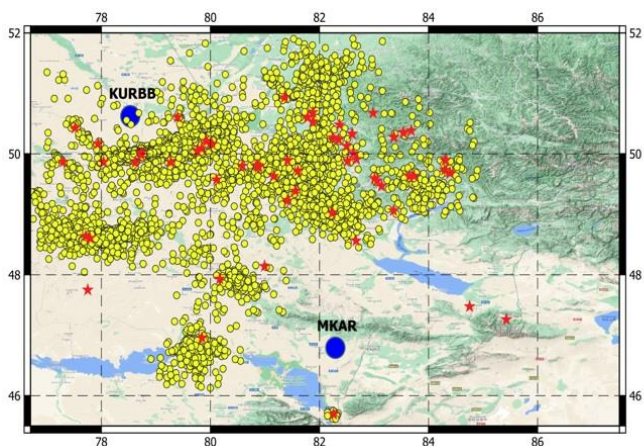


Рисунок 13. Карта расположения карьеров и шахт (★) на территории ВКО и эпицентров зарегистрированных взрывов (●). Всего около 6000 взрывов за 2002–2020 гг.

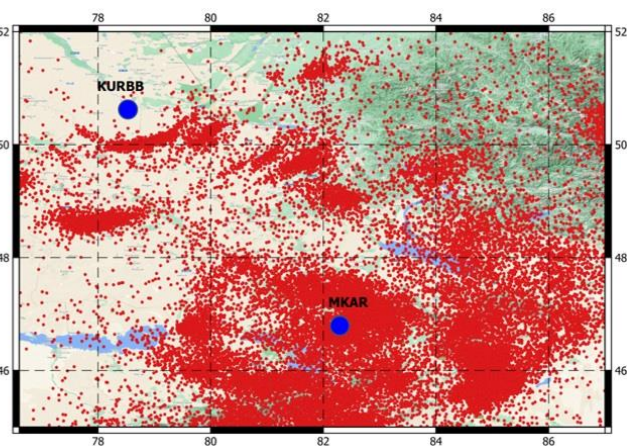


Рисунок 14. Карта эпицентров зарегистрированных сейсмических событий по данным станций ИГИ НЯЦ РК (взрывы и землетрясения) за период 2002–2020 гг. Всего 34000 событий.

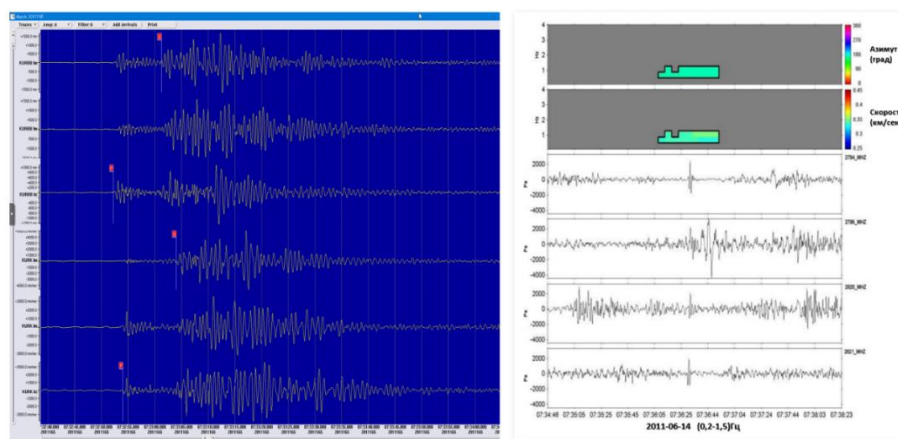


Рисунок 15. Результаты регистрации взрыва на угольном карьере Каражыра (СИП) 14 июня 2011 г. сейсмическими (слева) станциями KUR и KURK и инфразвуковой группой KURIS (справа)

Сейчас в составе сети мониторинга ИГИ МЭ РК работают три инфразвуковые станции. Это станция Актюбинск (IS31) международной системы мониторинга Организации Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (МСМ ОДВЗЯИ) [19]. Станция открыта в 2001 году. Станция IS31 является инфразвуковой группой и состоит из 9 элементов. В 2010 г. в Курчатове построена современная инфразвуковая группа KURIS с апертурой 1 км, состоящая из четырех элементов (три – в вершинах равностороннего треугольника, четвертый – в его центре) [20]. Инсталляция KURIS существенно повлияла на процесс распознавания карьерных взрывов. В 2016 году построена инфразвуковая группа Маканчи (MKIAR) в 25 км к востоку от поселка Маканчи, элементы группы расположены внутри превышающей её по апертуре сейсмической группы Маканчи [21].

Известно, что инфразвуковые станции регистрируют сигналы от карьерных взрывов. В качестве примера на рисунке 15 представлены результаты регистрации одного и того же взрыва на угольном карьере Каражыра 14 июня 2011 г. по сейсмическим станциям Курчатова (KURBB, KURK) и инфразвуковой станции (KURIS).

В 2020 году разработана методика распознавания карьерных взрывов и землетрясений по комплексу сейсмических и инфразвуковых записей [22]. Распознавание основано на поиске функции взаимной корреляции эталонных и текущих записей сейсмических станций с дальнейшей ассоциацией событий-кандидатов с инфразвуковыми фазами. Опробование методики проводилось на данных сейсмической станции Курчатова (KURK) и двух инфразвуковых станций: в Курчатове (KURIS) и Маканчи (MKIAR), методика показала высокую надежность при распознавании природы источников.

Важно заметить, что к вопросу исключения взрывов из общего каталога надо подходить с большой осторожностью. В последние годы работами сотрудников ИГИ НЯЦ РК показано, что в местах интенсивной добычи твердых полезных ископаемых после продолжительных воздействий на среду взрывами,

могут происходить техногенно-индуцированные землетрясения [23, 24]. Ранее такие события были отмечены в Центральном Казахстане (Жезказган, Караганда). В последние годы техногенные землетрясения выявлены и в Восточном Казахстане. Станциями ИГИ НЯЦ РК зарегистрированы техногенно-индуцированные явления на двух карьерах. Один из них – угольный карьер Каражыра, Карьер расположен на участке Балапан на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне. Достаточно часто магнитуда карьерных взрывов m_{pv} превышает 3, а энергетический класс K_p больше 8. Регулярное интенсивное техногенное воздействие может вызвать подъем флюидов в земной коре и спровоцировать или ускорить процесс подготовки тектонических землетрясений. Одно из землетрясений в районе карьера произошло 25 октября 2019 года, $t_0=01:09:07.8$, $\varphi=49,9979^\circ$ с.ш., $\lambda=78,8628^\circ$ в.д., $h=10$, $m_{pv}=3,2$, $K=8$. Записи этого землетрясения показаны на рисунке 16.

Недалеко от СИП с запада расположен другой угольный карьер – Экибастуз. 23 августа 2019 года в 20 часов 27 минут по местному времени вблизи карьера Экибастуз произошло землетрясение. Его зарегистрировали все сейсмические станции ИГИ НЯЦ РК, станции СОМЭ МОН РК, многие станции России и мира. Этот район считается асейсмичным, здесь практически не происходят природные тектонические землетрясения. Поэтому, чтобы точно сделать вывод о природе зарегистрированного события, необходимо было провести дополнительный анализ. Были детально изучены сейсмические записи по станциям ИГИ, данные других центров, а также записи инфразвуковых станций Казахстана.

Изучаемое событие произошло поздно вечером в 20 часов 27 минут. Это время не характерно для времени производства взрывов на этом карьере. Энергетический класс данного события значительно выше классов карьерных взрывов. У обычных взрывов по энергетическому классу значения никогда не превышают 8–8,5. В данном случае энергетический класс составил $K=10,7$, что намного выше.

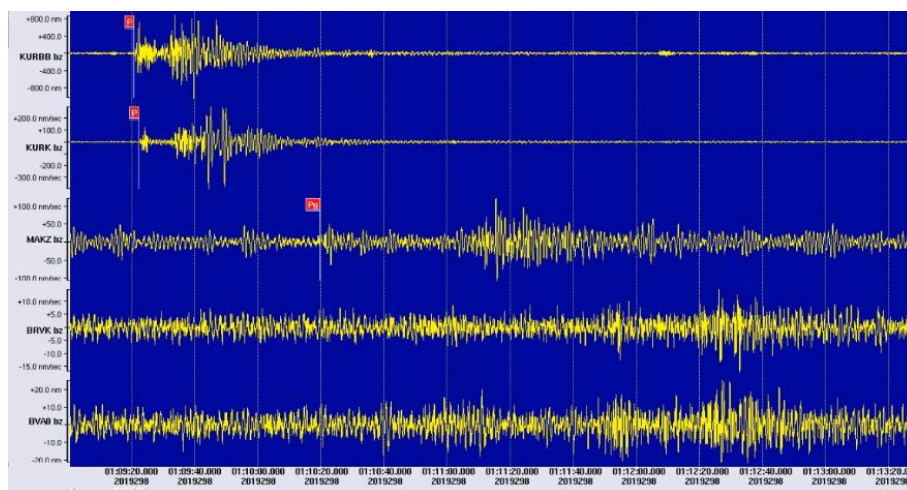


Рисунок 16. Сейсмограммы землетрясения в районе карьера Каражыра 10/25/2019, $t_0=01:09:07.8$, $\varphi=49,9979$ с.ш., $\lambda=78,8628$ в.д., $h=10$, $mpv=3,2$, $K=8$, полученные на станциях ИГИ НЯЦ РК

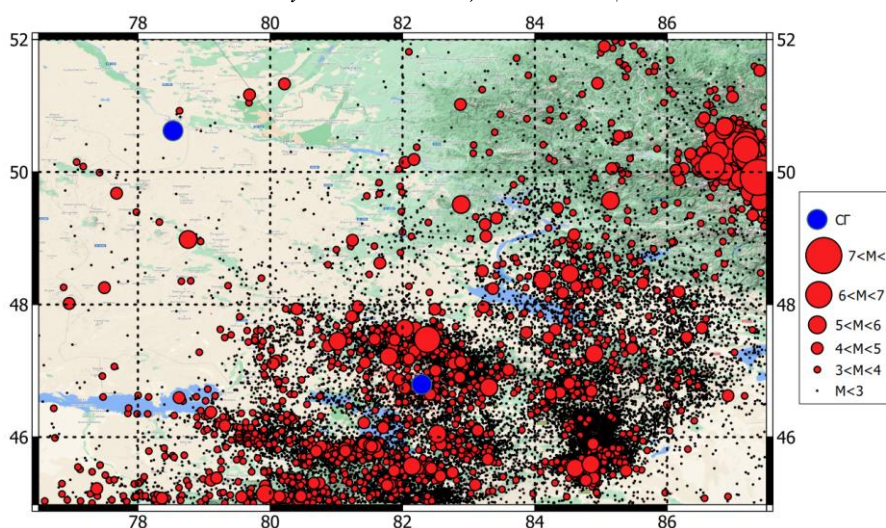


Рисунок 17. Карта эпицентров землетрясений территории ВКО и сопредельных зон за 2002–2020 гг.

Инфразвуковые станции не зарегистрировали это событие, записей не обнаружено даже при тщательном анализе. Но в случае карьерных взрывов на Экибастузе мы четко видим приход инфразвуковой волны. Это свидетельствует о том, что очаг находится не на поверхности Земли. Анализ сейсмических записей показал, что произошло «двойное» землетрясение, то есть за первым толчком через 52 секунды произошел второй толчок немного меньшей энергии, но с источником практически в том же месте. Отметим, что примерно через два часа, произошло еще одно более слабое землетрясение с энергетическим классом 8,2, то есть афтершок первого землетрясения.

Таблица. Параметры землетрясений в районе Экибастуза

Дата	Время	с.ш.	в.д.	Глубина	mpv	K
23.08.2019	14:27:10.2	51,6391	75,4829	5	4,2	10,7
23.08.2019	14:28:06	51,6391	75,4829	5	4,0	10,3
23.08.2019	16:24:44.1	51,5649	75,3869	5	3,3	8,2

В таблице приведены параметры серии землетрясений в районе Экибастуза в 2019 году.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После весьма трудоемкой работы с записями станций, определения параметров очагов, составления сейсмических бюллетеней, последующего проведения распознавания природы источников составлен каталог землетрясений Восточного Казахстана. Станции ИГИ НЯЦ РК с 2002 года зарегистрировали около 28000 землетрясений. На рисунке 17 представлена карта эпицентров землетрясений Восточного Казахстана за 2002–2020 гг.

Станции ИГИ НЯЦ РК позволили детально провести картирование эпицентров землетрясений разной магнитуды, их вклад в изучение сейсмичности региона достаточно весом. Эти данные будут использованы для создания карт сейсмического зонирования Восточного Казахстана и расчета сейсмической опасности для отдельных площадок.

Данные исследования финансировались Министерством энергетики Республики Казахстан в рамках научно-технической программы «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» (ИРН – BR09158470).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондорская Н. В., Федорова И. В. Сейсмические станции единой системы сейсмических наблюдений СССР (ЕССН) на 01.01.1990 г. – Москва: ОИФЗ РАН, 1996. – 35 с.
2. Mikhailova N.N., Kurskeev A.K. Present Status of the Network for Seismic Observation in Kazakhstan. // Journal of earthquake prediction research. – Vol. 4. – No. 4. – 1995. – P. 497–506.
3. Аранович З.И., Кирнос Д.П., Токмаков В.А. и др. Основные типы сейсмометрических приборов. // Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. – М.: Наука, 1974. – С. 43–117.
4. Землетрясения в СССР. М.: Наука. Ежегодные сборники за 1962–1991 гг.
5. Землетрясения Северной Евразии. Обнинск: ГС РАН. Ежегодные сборники за 1992–2014 гг.
6. Михайлова Н.Н., Неверова Н.П. Землетрясения Северного Тянь-Шаня. // Землетрясения в СССР в 1990 году. – М.: ГС РАН, 1996. – С. 43–45.
7. А.П. Васильев, В.А. Лаушкин // Сборник «Рожденная атомным веком». – 2002. – С. 96–114.
8. Васильев, А.П. Историография начального 50-летия создания в СССР системы дальнего обнаружения ядерных взрывов // Вестник НЯЦ РК. – 2006. – Вып. 2. – С. 5–10.
9. Васильев, А.П. История Семипалатинской лаборатории / А.П. Васильев, А. А. Востриков, В.В. Ерастов, Б.М. Данилов, Ю.К. Малышев // Вестник НЯЦ РК. – 2008. – Вып. 1. – С. 78–92.
10. Бекбулатова Д.Б., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Исторические записи ядерных взрывов в архиве Института геофизических исследований // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – Вып. 3. – С. 65.
11. Mikhailova I.N., Sokolova I.N. Monitoring System of the Institute of Geophysical Research of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan. // Summary of the Bulletin of the International Seismological Centre. 2016. January–June. – Volume 53. – Issue 1. – 2019. – P. 27–38.
12. Peterson J., Observation and Modeling of Seismic Background Noise / J. Peterson [et al] // Open-File Report 93 322, Albuquerque, New Mexico, 1993. – P. 42.
13. Синева З.И., Михайлова Н.Н., Комаров И.И. Изучение динамических характеристик сейсмического шума по данным цифровых станций казахстанской сети // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК. – 2000. – Вып. 2. – С. 24–30.
14. В. Джунек, Д.А. Клаутер, Ф. Венанзи, Дж. Роман-Нивс, С.А. Байер, Р.К. Кемерайт, Н.Н. Беляшова, Н.Н. Михайлова, З.И. Синева Выбор площадок и установка сейсмических групп в Казахстане для мониторинга соблюдения договоров о запрещении ядерных испытаний // Вестник НЯЦ РК. – 2009. – Вып. 3. – С. 22–28.
15. Комаров И.И., Синева З.И., Михайлова Н.Н., Абдрахманова Г.С. Модель сейсмического шума по наблюдениям геофизической обсерватории Маканчи // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК. – 2000. – Вып. 2. – С. 17–23.
16. Capon, J. (1969a). High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis. Proc. IEEE, 57. P. 1408–1418.
17. Михайлова Н.Н. Синёва З.И. Оценка эффективности сейсмической группы PS23-Маканчи при регистрации региональных и телесеизмических событий // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК. – 2004. – Вып. 2(18). – С. 13–19.
18. Великанов А.Е., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н., Аристова И.Л., Мукамбаев А.С. Изучение источников промышленных взрывов на территории Казахстана. // Вестник НЯЦ РК. – 2013. – Вып. 2. – С. 77–85.
19. Демин В.Н., Кунаков В.Г., Смирнов А.А. Новая инфразвуковая станция Международной системы мониторинга в Казахстане IS31 // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК. – 2002. – Вып. 2(10). – С. 14–18.
20. Беляшов А.В., Донцов В.И., Дубровин В.И., Кунаков В.Г., Смирнов А.А. Новая инфразвуковая группа «Курчатов». // Вестник НЯЦ РК. – 2013. – Вып. 2. – С. 24–30.
21. Дубровин В.И., Смирнов А.А. Новая инфразвуковая группа Маканчи и ее возможности в регистрации сигналов от различных источников. // Вестник НЯЦ РК. – 2018. – Вып. 3. – С. 63.
22. Смирнов А.А., Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н. Методика распознавания сейсмических событий по комплексу инфразвуковых и сейсмических данных // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – Вып. 2. – С. 105–112.
23. Михайлова Н.Н., Полешко Н.Н., Великанов А.Е., Узбеков А.Н. О землетрясении близ Караганды 21 июня 2014 года // Вестник НЯЦ РК. – 2015. – Вып. 3. – С. 94–100.
24. Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н. Сейсмичность взрывных работ на территории Республики Казахстан. // Вестник НЯЦ РК. – 2017. – Вып. 4. – С. 124.

REFERENCES

1. Kondorskaya N. V., Fedorova I. V. Seismicheskie stantsii edinoi sistemy seismicheskikh nablyudeniyy SSSR (ESSN) na 01.01.1990 g. – Moscow: OIFZ RAN, 1996. – 35 p.
2. Mikhailova N.N., Kurskeev A.K. Present Status of the Network for Seismic Observation in Kazakhstan. // Journal of earthquake prediction research. – Vol. 4, – No. 4. – 1995. – P. 497–506.
3. Aranovich Z.I., Kirnos D.P., Tokmakov V.A. i dr. Osnovnye tipy seismometricheskikh priborov. // Apparatura i metodika seismometricheskikh nablyudeniyy v SSSR. – Moscow: Nauka, 1974. – P. 43–117.
4. Zemletryaseniya v SSSR. Moscow: Nauka. Ezhegodnye sborniki za 1962–1991 gg.
5. Zemletryaseniya Severnoy Evrazii. Obninsk: GS RAN. Ezhegodnye sborniki za 1992–2014 gg.
6. Mikhailova N.N., Neverova N.P. Zemletryaseniya Severnogo Tyan'-Shanya. // Zemletryaseniya v SSSR v 1990 godu. – Moscow: GS RAN, 1996. – P. 43–45.
7. A.P. Vasil'ev, V.A. Laushkin // Sbornik "Rozhdennaya atomnym vekom". – 2002. – P. 96–114.
8. Vasil'ev, A.P. Istoriografiya nachal'nogo 50-letiya sozdaniya v SSSR sistemy dal'nego obnaruzheniya yadernykh vzryvov // Vestnik NYaTs RK. – 2006. – No. 2. – P. 5–10.

9. Vasil'ev, A.P. Istoriya Semipalatinskoy laboratorii / A.P. Vasil'ev, A. A. Vostrikov, V.V. Erastov, B.M. Danilov, Yu.K. Malyshev // Vestnik NYaTs RK. – 2008. – No. 1. – P. 78–92.
10. Bekbulatova D.B., Mikhaylova N.N., Sokolova I.N. Istoricheskie zapisi yadernykh vzryvov v arkhive Instituta geofizicheskikh issledovaniy // Vestnik NYaTs RK. – 2020. – No. 3. – P. 65.
11. Mikhailova I.N., Sokolova I.N. Monitoring System of the Institute of Geophysical Research of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan. // Summary of the Bulletin of the International Seismological Centre. 2016. January–June. – Volume 53. – Issue 1. – P. 27–38.
12. Peterson J., Observation and Modeling of Seismic Background Noise / J Peterson. [et al] // Open-File Report 93 322, Albuquerque, New Mexico, 1993. – P. 42.
13. Sineva Z.I., Mikhaylova N.N., Komarov I.I. Izuchenie dinamicheskikh kharakteristik seysmicheskogo shuma po dannym tsifrovyykh stantsiy kazakhstanskoy seti // Geofizika i problemy nerazprostraneniya: Vestnik NYaTs RK. – 2000. – No. 2. – P. 24–30.
14. V. Dzhunek, D.A. Klauter, F. Venanzi, Dzh. Roman-Nivs, S.A. Bayer, R.K. Kemerayt, N.N. Belyashova, N.N. Mikhaylova, Z.I. Sineva Vybor ploshchadok i ustanovka seysmicheskikh grupp v Kazakhstane dlya monitoringa soblyudeniya dogovorov o zapreshchenii yadernykh ispytaniy // Vestnik NYaTs RK. – 2009. – No. 3. – P. 22–28.
15. Komarov I.I., Sineva Z.I., Mikhaylova N.N., Abdrakhmanova G.S. Model' seysmicheskogo shuma po nablyudeniya geofizicheskoy observatorii Makanchi // Geofizika i problemy nerazprostraneniya: Vestnik NYaTs RK. – 2000. – No. 2. – P. 17–23.
16. Capon, J. (1969a). High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis. Proc. IEEE, 57, – P. 1408–1418.
17. Mikhaylova N.N. Sineva Z.I. Otsenka effektivnosti seysmicheskoy gruppy PS23-Makanchi pri registratsii regional'nykh i teleseysmicheskikh sobytiy // Geofizika i problemy nerazprostraneniya: Vestnik NYaTs RK. – 2004. – No. 2(18). – P. 13–19.
18. Velikanov A.E., Mikhaylova N.N., Sokolova I.N., Aristova I.L., Mukambaev A.S. Izuchenie istochnikov promyshlennykh vzryvov na territorii Kazakhstana. // Vestnik NYaTs RK. – 2013. – No. 2. – P. 77–85.
19. Demin V.N., Kunakov V.G., Smirnov A.A. Novaya infrazvukovaya stantsiya Mezhdunarodnoy sistemy monitoringa v Kazakhstane IS31 // Geofizika i problemy nerazprostraneniya: Vestnik NYaTs RK, 2002. No. 2(10). – P. 14–18.
20. Belyashov A.V., Dontsov V.I., Dubrovin V.I., Kunakov V.G., Smirnov A.A. Novaya infrazvukovaya gruppya «Kurchatov». // Vestnik NYaTs RK. – 2013. – No. 2. – P. 24–30.
21. Dubrovin V.I., Smirnov A.A. Novaya infrazvukovaya gruppya Makanchi i ee vozmozhnosti v registratsii signalov ot razlichnykh istochnikov. // Vestnik NYaTs RK. – 2018. – No. 3. – P. 63.
22. Smirnov A.A., Mukambaev A.S., Mikhaylova N.N. Metodika raspoznavaniya seysmicheskikh sobytiy po kompleksu infrazvukovykh i seysmicheskikh dannykh // Vestnik NYaTs RK. – 2020. – No. 2. – P. 105–112.
23. Mikhaylova N.N., Poleshko N.N., Velikanov A.E., Uzbekov A.N. O zemletryaseniі bliz Karagandy 21 iyunya 2014 goda // Vestnik NYaTs RK. – 2015. – No. 3. – P. 94–100.
24. Mukambaev A.S., Mikhaylova N.N. Seysmichnost' vzryvnykh rabot na territorii Respubliki Kazakhstan. // Vestnik NYaTs RK. – 2017. – No. 4. – P. 124.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЯДРОЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ СТАНЦИЯЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚАУІПІН БАҒАЛАУДАҒЫ МІНДЕТТЕРГЕ ҚОСҚАН ҮЛЕСІ

Н.Н. Михайлова, А.С. Мукамбаев

ҚР ҰЯО РМК «Геофизикалық зерттеулер институты» филиалы, Курчатov, Қазақстан

2021–2023 жылдары сейсмологтардың алдына Шығыс Қазақстан аумағын сейсмикалық барлау бойынша жұмыстар жүргізу міндеті қойылды. Бұл өңірдің сейсмикалық станцияларының желісі екі сейсмикалық топтармен және ҚР ҰЯО ГЗИ екі үшкомпонентті станцияларымен және ҚР БҒМ СТЭЭ екі үшкомпонентті станцияларымен ұсынылған. Жұмыста ҚР ҰЯО ГЗИ станцияларының сипаттамалары берілді, олардың әртүрлі қашықтықтардағы түрлі магнитудалардағы оқиғаларды тіркеудегі мүмкіндіктері бағаланды. Осы станциялардың жарылыстары мен жерсілкінулерін тіркеуі туралы ақпарат ұсынылған. 2002–2020 жж. барлығы ҚР ҰЯО ГЗИ станцияларымен 34000-ға жуық оқиғалар тіркелді. Жарылыстарды танығаннан және оларды сейсмикалық оқиғалар каталогынан шығарғаннан кейін 28000 жерсілкінулерін қамтитын Шығыс Қазақстан аумағындағы жерсілкінулерінің эпицентрлерінің картасы жасалды. Бұл материал осы аймақтағы сейсмикалық қауіпті бағалау үшін ақпараттық негіз болып табылады.

Түйін сөздер: станция, сейсмикалық топ, жер сілкінісі, жарылыс, сейсмограмма, каталог, магнитуда, эпицентр.

**SEISMIC STATIONS OF THE NATIONAL NUCLEAR CENTER OF RK AND ITS CONTRIBUTION
INTO SOLVING OF TASKS ON SEISMIC HAZARD ASSESSMENT OF THE EAST KAZAKHSTAN**

N.N. Mikhailova, A.S. Mukambayev

NNC RK branch “Institute of Geophysical Research”, Kurchatov, Kazakhstan

In 2021–2023 a task set before the seismologists was to conduct work on seismic zoning of the east Kazakhstan territory. The seismic stations network of that region is represented by two seismic arrays and two three-component stations of the IGR NNC RK and two three-component stations of the SEME MES RK. The work describes the parameters of the IGR NNC RK stations, estimates its capabilities in recording the events of different magnitudes at various distances. In 2002–2020 the IGR NNC RK stations recorded almost 34000 events. After discrimination of explosions and its removal from the catalogue of seismic events the map of earthquakes epicenters at the east Kazakhstan territory that includes 28000 earthquakes was constructed. This material is one of the main informational components for seismic hazard assessment in this region.

Keywords: *station, seismic group, earthquake, explosion, seismogram, catalogue, magnitude, epicenter.*