

УДК [534.6+550.388](574.13)

НОВАЯ ИНФРАЗВУКОВАЯ ГРУППА «КУРЧАТОВ»

Беляшов А.В., Донцов В.И., Дубровин В.И., Кунаков В.Г., Смирнов А.А.

Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Описана новая инфразвуковая группа, построенная в 2010 г. в Курчатове (вблизи технической площадки № 2), состоящая из четырех пунктов (три – в вершинах равностороннего треугольника, четвертый – в его центре). Апертура группы – 1 км. Тестирование инфразвуковой группы Курчатов, проведенное в 2011 г., показало, что новая станция способна регистрировать в непрерывном режиме и на необходимом качественном уровне акустические сигналы от различных источников.

ВВЕДЕНИЕ

Инфразвуковая группа «Курчатов» построена с целью восстановления комплексной наблюдательной системы Курчатов-Крест в г. Курчатове как наиболее эффективной для Международной системы мониторинга (МСМ) Создаваемой Организацией по Договору о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ОВЗЯИ) и для Восточного Казахстана. На рисунке 1 показано расположение новой инфразвуковой группы относительно сейсмической группы AS058-Курчатов, входящей в состав МСМ ОДВЗЯИ.

Новая инфразвуковая группа сформирована вблизи технической площадки № 2 Института геофизических исследований, в пределах территории, на которой в советское время работала инфразвуковая система. К 1994 г. в ее составе остались несколько комплектов акустических станций типа К-301-А, К-303-А, К-304-А с микробарографами, имеющими полосу пропускания 0.02 – 4 Гц. Шумоподавление

обеспечивали системы трех типов: «Паук», направленного приема «Н», одиночной трубы «ПЗУ». В 1997 г. совместно со специалистами Lamont-Doherty Earth Observatory Колумбийского университета была сделана попытка модернизировать станцию. По углам и в центре равностороннего треугольника со стороны около 250 м были установлены микробарометры типа Globe (с полосой пропускания 0.1 – 10 Гц). Помехозащищенность обеспечивали два устройства типа «Паук» и две системы из шести пористых шлангов диаметром 2.54 см и длиной 15, 22.5 и 30 м. Для регистрации акустических сигналов использовалась станция RT-72 фирмы REFTEK. Последующая эксплуатация станции выявила неидентичность ветрозащитных устройств, наличие потерь между ветрозащитными устройствами и входами микробарометров. Модернизация станции оказалась малоэффективной и с 2003 г. ее эксплуатация была прекращена.



Рисунок 1. Сейсмическая (красный) и инфразвуковая (желтый) группы геофизического мониторинга в Курчатове

В 2010 г. вблизи технической площадки № 2 построена новая инфразвуковая группа (рисунок 2-а). При ее проектировании учитывались требования Международной системы мониторинга. Инфразвуковая группа состоит из четырех пунктов (рисунок 2-б), три из которых находятся в вершинах равностороннего треугольника, четвертый – в центре этого треугольника. Апертура группы – 1 км.

Еще одна сейсмическая станция, входящая в глобальную систему мониторинга IRIS/IDA (сейсмическая станция KURK) установлена в шахте в непосредственной близости от одного из элементов инфразвуковой группы (I3).

ЭТАПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ИНФРАЗВУКОВОЙ ГРУППЫ «КУРЧАТОВ»

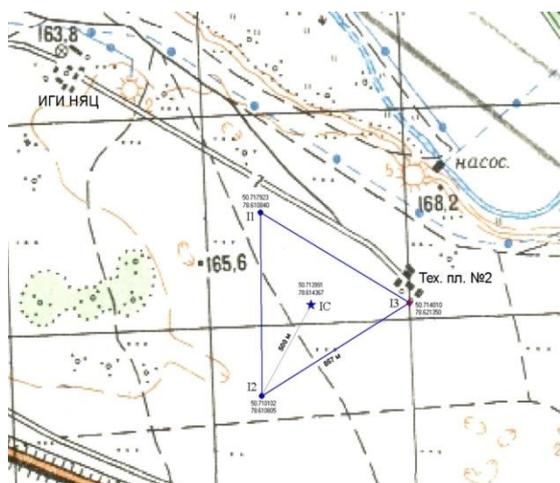
На рисунках 3 – 6 показаны сюжеты строительства приборных подземных и наземных сооружений, строительства элементов инфразвуковой группы.

Выбранная конструкция сооружений представляется наиболее оптимальной в условиях резко-континентального климата, характерного для места установки станции.

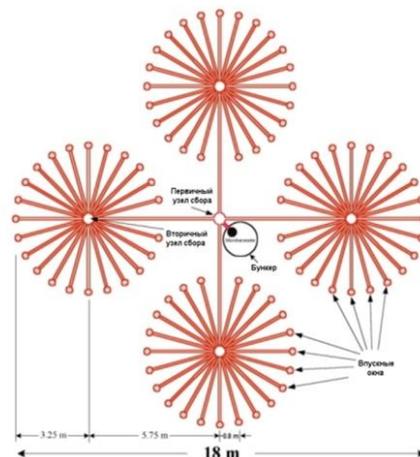
Новая инфразвуковая группа оснащена микробарометрами MB2005 (“Martec”, Франция) и регистраторами CMG-DM24S6-EAM (“Guralp”, Великобритания), представленными на рисунке 7. Система шумоподавления представляет собой четыре ортогональные радиально-лучевые системы сбора с 24 входными портами для каждого элемента.

Часы регистраторов синхронизируются сигналами GPS. Передача информации со всех элементов группы осуществляется по проводным кабельным линиям в центр сбора данных на технической площадке № 2 (рисунок 2-а) с использованием кабельных модемов VDSL. Для накопления поступающей информации и её дальнейшей передачи применяется программа Scream, стандартная для Guralp. Из центра сбора в г. Курчатове данные по интернет-каналам передаются для обработки в Центр данных (г. Алматы).

В состав группы входит метеостанция Vantage-Pro2 Plus (DavisInstruments, США) – рисунок 8.



а – схема на топографическом плане



б – конструкция системы шумоподавления на элементе группы

I1, I2, I3 и IC – элементы группы

Рисунок 2. Инфразвуковая группа Курчатов



Рисунок 3. Конструкция подземных приборных сооружений



Рисунок 4. Конструкция наземных сооружений



Рисунок 5. Сборка подземной и наземной частей приборных сооружений (слева), монтаж радиально-лучевых систем сбора акустических сигналов (справа)



Рисунок 6. Внешний вид одного из элементов инфразвуковой группы «Курчатов» (кустарник по периметру ограды для уменьшения ветровых помех)



Рисунок 7. Регистратор SMG-DM24S6-EAM (слева) и микробарометры MB2005 (справа)



Рисунок 8. Метеостанция (слева) и пульт метеостанции рядом с компьютером сбора метеоданных (справа)

Выявление и локализация событий ведется с использованием программного обеспечения PMCC (Progressive Multi-Channel Correlation – Прогрессивный многоканальный корреляционный метод), предоставленного Комиссариатом атомной энергии Франции (CEA-DASE-LDG).

ТЕСТИРОВАНИЕ ИНФРАЗВУКОВОЙ ГРУППЫ «КУРЧАТОВ»

Проведено тестирования новой инфразвуковой группы в течение периода декабрь 2010 – июль 2011гг. Было получено 4.74 Гб исходных данных, по результатам обработки которых выполнено 3 560 детектирований.

Изучение природы детектирований позволило выделить следующие основные типы источников акустических сигналов, зарегистрированных группой:

- Микробаромы, генерируемые сильнейшими штормами в мировых океанах.
- Карьерные взрывы.
- Запуски ракет-носителей (РН) с космодрома Байконур.

На рисунке 9 представлены схематические траектории этих сигналов.



Линии – траектории сигналов: красные – генерируемых микробаром, синяя – запусков с космодрома «Байконур», зеленая – карьерных взрывов вблизи г. Экибастуз

Рисунок 9. Траектории сигналов, регистрируемых инфразвуковой группой «Курчатов»

На рисунке 10 показано азимутальное распределение источников микробаром, соответствующее регионам генерации: 45° – север Тихого океана, 135° – юг Индийского океана и 300° – север Атлантического океана.

На рисунке 11 показана проекция на дневную поверхность траектории выхода на орбиту ракет носителей Протон и Союз, запускавшихся с космодрома «Байконур».

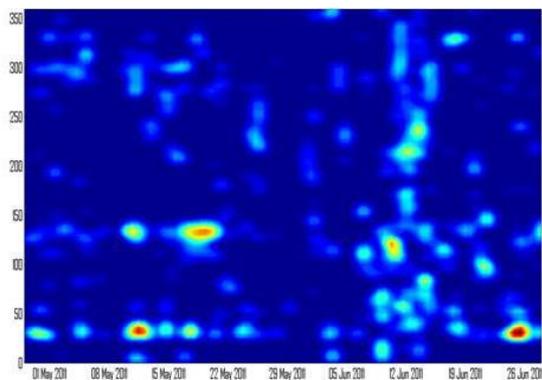
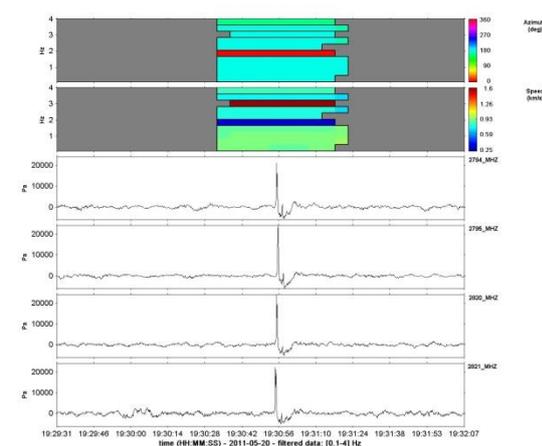


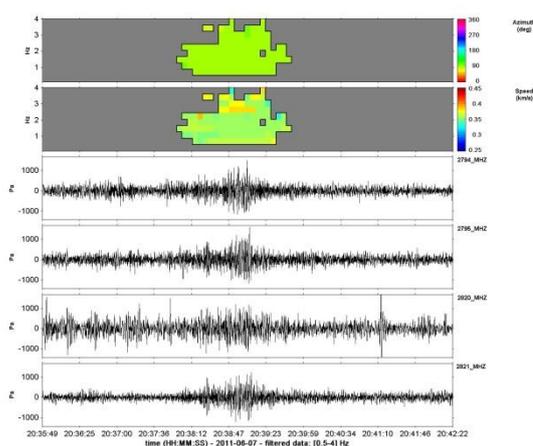
Рисунок 10. Азимутальное распределение сигналов от микробаром, зарегистрированных инфразвуковой группой «Курчатов»



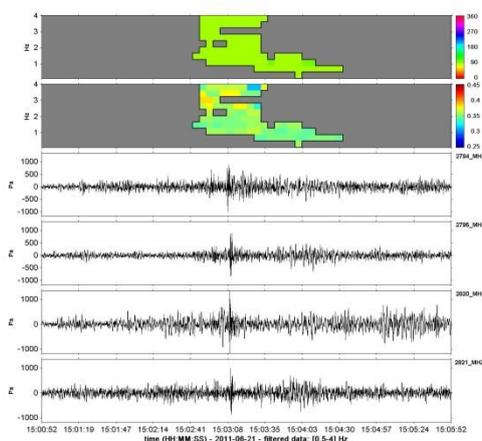
Рисунок 11. Траектории ракет Протон и Союз, запускавшихся в мае – июне 2011 с космодрома Байконур и зарегистрированных инфразвуковой группой «Курчатов».



а – Протон/Бриз-М, 20 мая 2011 г.



б – Союз ФГ, 7 июня 2011 г

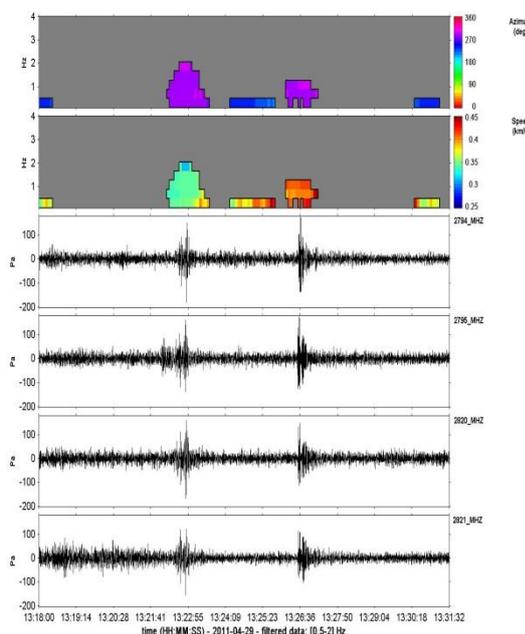


в – Союз-У, 21 июня 2011 г.

Рисунок 12. Пример волновых форм, определения азимута на источник и кажущейся скорости сигнала от запуска ракет-носителей

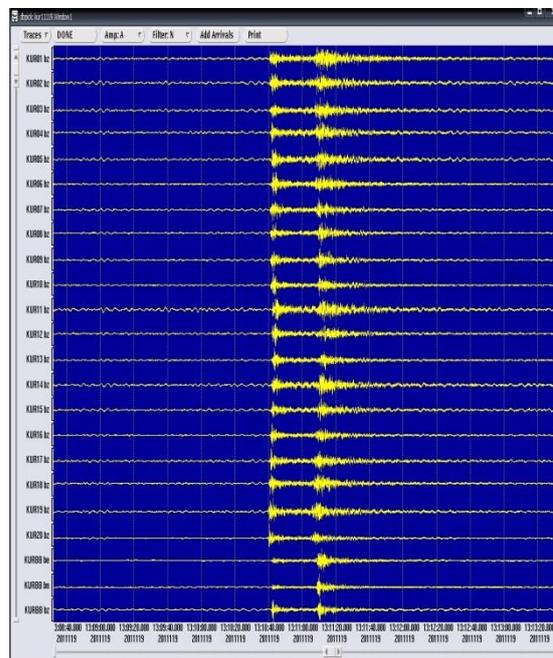
Важным применением инфразвуковых данных является распознавание природы сейсмического события, путем разделения взрыва и землетрясения. На рисунках 13, 14 приведены примеры записи

карьерных взрывов в районе Экибастуза и на СИП, зарегистрированных как сейсмической группой AS058-Курчатов, так и инфразвуковой группой «Курчатов».

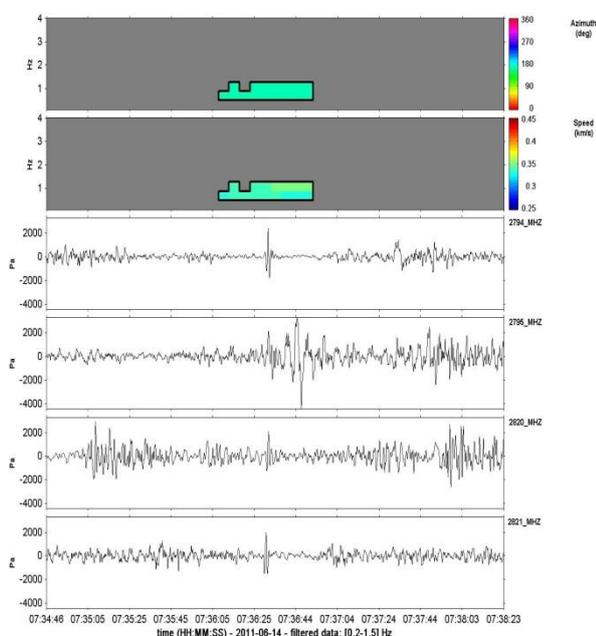


а – волновые формы, азимут на источник и кажущаяся скорость акустического сигнала на инфразвуковой группе «Курчатов»

Рисунок 13. Результаты регистрации взрыва на одном из карьеров г. Экибастуз, 29 апреля 2011 г. инфразвуковой и сейсмической группами в Курчатове

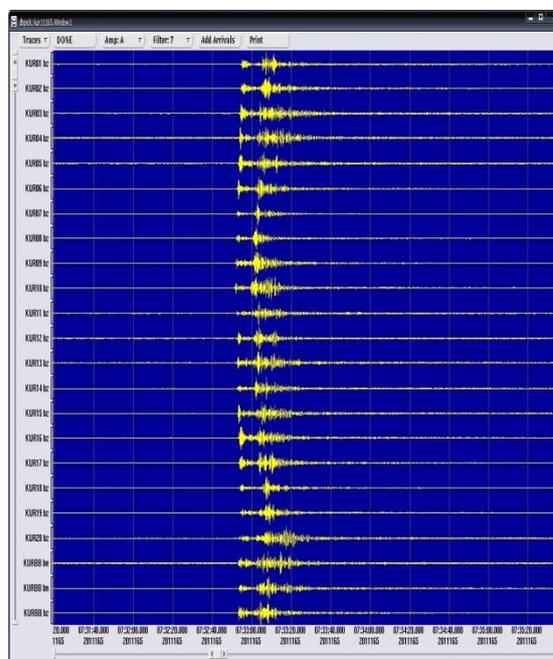


б – волновые формы сейсмических сигналов, зарегистрированных сейсмической системой группирования AS058-Курчатов



а – волновые формы, азимут на источник и кажущаяся скорость акустического сигнала, зарегистрированного инфразвуковой группой «Курчатов»

Рисунок 14. Результаты регистрации взрыва на угольном карьере Каражыра (СИП) 14 июня 2011 г. инфразвуковой и сейсмической группами в Курчатове



б – волновые формы сейсмического сигнала, зарегистрированного сейсмической системой группирования AS058-Курчатов

На рисунке 15 приведена статистика данных, накопленных инфразвуковой группой «Курчатов» за 10 месяцев 2012 г. Всего за указанный период в бюллетени занесено около 50 000 детектированных различных событий.

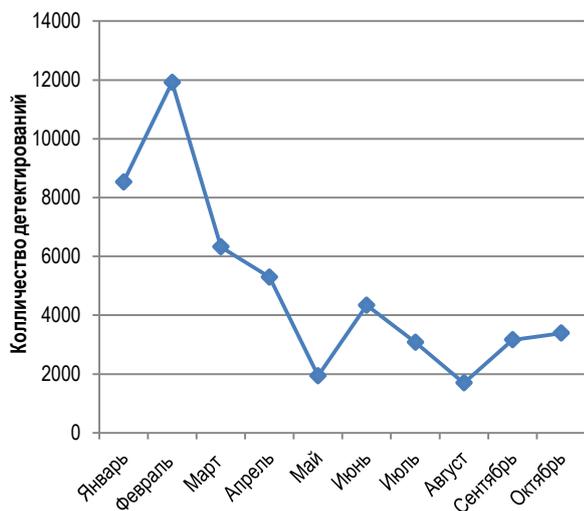


Рисунок 15. Количество выделенных сигналов от различных источников по результатам работы инфразвуковой группы «Курчатов» за 2012 г. (по 19 октября)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На северо-востоке Казахстана построена новая инфразвуковая станция. Она оснащена современным оборудованием. Приборные сооружения спроектированы и построены таким образом, что суровые климатические условия северо-восточного Казахстана не должны оказать влияния на качество получаемой информации.

Станция удачно расположена относительно карьеров в Восточном Казахстане (что полезно для распознавания природы сейсмоакустических источников) и космодрома Байконур (что полезно для регистрации запусков космических аппаратов).

Тестирование инфразвуковой группы «Курчатов», проведенное в 2011 г., показало, что новая станция способна регистрировать в непрерывном режиме и на необходимом качественном уровне акустические сигналы от различных источников – карьерных взрывов, запускаемых космических аппаратов, микробаром и пр., и её результаты могут быть использованы совместно с сейсмической и другой информацией для уточнения параметров событий. Таким образом, обеспечивается возможность комплексного мониторинга событий с использованием сейсмического и акустического методов, что улучшит качество определения параметров регистрируемых событий (землетрясений, взрывов и др.).

ЖАҢА «КУРЧАТОВ» ИНФРАДЫБЫСТЫҚ ТОБЫ

Беляшов А.В., Донцов В.И., Дубровин В.И., Кунаков В.Г., Смирнов А.А.

Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Курчатов қаласында (№ 2 техникалық алаңы жанында) 2010 ж. салынған, төрт пунктіден тұратын (үшеуі – теңқабырғалы үшбұрыштың төбелерінде, төртіншісі – оның орталығында) жаңа инфрадыбыстық тобы сипатталған. Топтың апертурасы – 1 км. Курчатов инфрадыбыстық станцияның 2011 ж. жүргізілген тестілеуі әр көздерден акустикалық сигналдарды үздіксіз режимінде және қажетті сапалық деңгейінде тіркеуіне қабілеттілігін көрсеткен.

NEW INFRASOUND ARRAY “KURCHATOV”

A.V. Belyashov, V.I. Dontsov, V.I. Dubrovin, V.G. Kunakov, A.A. Smirnov

Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan

The new infrasound array constructed in Kurchatov in 2010 (near Technical Site 2), including four observation points (three are in the corners of an equilateral triangle, and the fourth – in its center) is described. The aperture – 1 km. Tests conducted in 2011 showed that the new station is capable to record in continuous mode and at required level of quality acoustic signals from various sources.