

УДК 550.34:621.039.9

ИСТОРИЧЕСКИЕ ЗАПИСИ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В АРХИВЕ ИНСТИТУТА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Бекбулатова Д.Б., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н.

Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Приведены сведения об архиве записей ядерных взрывов, созданном в Институте геофизических исследований при поддержке ряда зарубежных организаций. На протяжении последних двадцати лет проведены сканирование и оцифровка исторических аналоговых записей, что позволило сохранить и использовать архивные сейсмограммы в исследованиях по повышению эффективности мониторинга ядерных испытаний и землетрясений.

ВВЕДЕНИЕ

В Институте геофизических исследований Министерства энергетики Республики Казахстан (ИГИ) имеется большой архив аналоговых записей ядерных взрывов. Этот архив может быть условно разделен на две части: записи станций, ранее относившихся к Службе специального контроля Министерства обороны СССР – архив обсерватории «Боровое» (1966–1994) и обсерватории «Курчатов» (1973–1996), – и записи станций Комплексной сейсмологической экспедиции ИФЗ АН СССР (1951–1996), находящиеся в KNDC (Казахстанский национальный центр данных), Алматы, являющемся подразделением ИГИ. Архив ядерных взрывов в KNDC содержит записи станций, установленных на территории СССР, и включает записи ядерных взрывов, проведенных в различных средах и на различных полигонах мира. В архиве имеются также записи мощных химических взрывов, землетрясений и др. явлений. Общее количество аналоговых сейсмограмм в этом архиве превышает 300 тыс.

История сейсмических наблюдений за ядерными испытаниями начинается в конце 40-х годов прошлого столетия. С началом проведения ядерных взрывов остро встал вопрос об отслеживании проводимых испытаний ядерного оружия на больших расстояниях. Созданию системы дальнего обнаружения в СССР посвящены многочисленные работы [1–11]. Для настоящей публикации важны сведения о сейсмических станциях, в первую очередь, на территории Казахстана, а также сейсмических записях ядерных испытаний, ставших историческими архивными источниками.

Впервые о создании методов дальнего обнаружения ядерных взрывов в СССР упоминается в протоколах Научно-технического совета Первого Главного Управления при Совете Министров СССР одного из заседаний 1947 г. В частности, необходимо было организовать наблюдение радиопомех и сейсмических сигналов, вызванных взрывом на соответствующих станциях. На тот период по всей территории СССР активно устанавливались станции сейсмических наблюдений единого Геофизического института (ГЕОФИАН) с целью проведения сейсмических, геофизических, тектонических и других исследований,

в частности, в сейсмоопасных районах Советского Союза. Начальный прогресс в дальнейшем обнаружении ядерных испытаний связан с регистрацией сейсмических сигналов первого в СССР ядерного взрыва 29.08.1949 г. шестью сейсмическими станциями, расположенными на расстояниях от 180 до 1600 км [1]. Позднее, 24.09.1951 г., в окрестности озера Боровое при полевых испытаниях нового высокочастотного сейсмографа Гамбурцева, проводимых группой специалистов ГЕОФИАН, был случайно зарегистрирован сейсмический сигнал второго советского ядерного взрыва (в 700 км от Семипалатинского полигона) [2–4, 8–10]. Несмотря на то, что эта запись не сохранилась, именно она положила начало развитию нового направления в сейсмологии – сейсмологии ядерных взрывов. После того, как в 1951–1953 гг. обычными сейсмическими станциями было записано еще несколько ядерных взрывов, произведенных не только на Семипалатинском полигоне, но и на зарубежных полигонах, в 1954 г. вышло Распоряжение Совета Министров СССР, которым предусматривалось создание в Геофизическом институте закрытой сейсмометрической лаборатории с целью проверки возможностей сейсмического метода контроля за ядерными испытаниями [2, 5]. В связи с этим были созданы специальные сейсмографы СКМ с собственным периодом 1,5 сек и увеличением 25000–30000, что значительно превышало увеличение сейсмических каналов на действующих в то время сейсмических станциях Советского Союза. Более того, регистрация акустических инфразвуковых волн с помощью длинопериодных сейсмографов на расстоянии нескольких тысяч километров от источника послужила основой для разработки специальной аппаратуры – микробарографов для акустического метода обнаружения ядерных взрывов [12].

В 1954 г. решением Министра обороны СССР создана Служба специального наблюдения, которая в 1958 г. преобразована в Службу специального контроля (ССК). В соответствии с постановлениями ЦК КПСС, Совета Министров СССР и директивами Генерального штаба были созданы научно-технический и оперативно-технический отделы, научный вычислительно-обрабатывающий центр в г. Москва и 9 ла-

бораторий, от которых поступали первичные данные о ядерных взрывах.

На территории Казахстана одной из 9 лабораторий-воинских частей ССК для проведения сейсмических наблюдений стала Семипалатинская лаборатория, созданная в 1957 г. в Курчатове [7]. Установленный сейсмоприёмник с короткопериодным каналом регистрации позволил 13.02.1960 г. впервые в практике этой лаборатории зарегистрировать наземный ядерный взрыв мощностью 2–150 кт ТНТ, произведённый Францией на полигоне Регган (пустыня Сахара) в Алжире [4, 7]. В 1961–1962 гг. сейсмическая станция 9 лаборатории в Курчатове (рисунок 1) активно регистрировала интенсивные ядерные испытания на Семипалатинском полигоне. В связи с созданием китайского ядерного полигона Лобнор (первое испытание проведено 16.10.1964 г.) в составе Семипалатинской лаборатории были созданы 3 выносных пункта с сейсмической и акустической аппаратурой, приближенные к границе с КНР: Бахты, Токты и Зайсан [7]. В 1970 г. в 60 км от границы с КНР была установлена сейсмическая станция Маканчи (рисунок 1). В последующие годы лабораторией были зарегистрированы 43 ядерных испытания, проведенные в КНР.

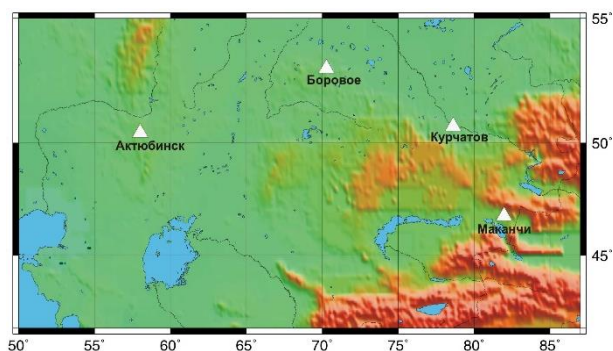


Рисунок 1. Расположение стационарных станций ССК периода СССР на территории Казахстана

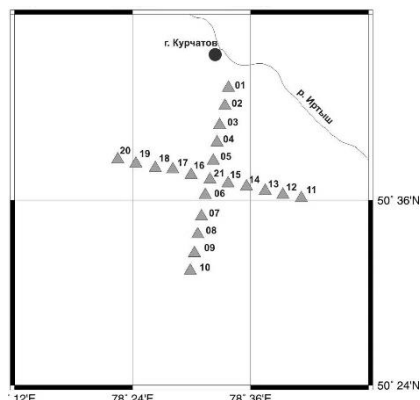


Рисунок 2. Сейсмическая группа «Крест», установленная на территории Семипалатинского полигона в 1969 г.

К концу 1969 г. на территории Семипалатинского полигона была установлена первая эксперименталь-

ная сейсмическая группа «Крест» (рисунок 2), что позволило регистрировать подземные ядерные взрывы малой мощности, произведенные на полигоне Невада в США, и увеличить число контролируемых иностранных ядерных полигонов до 9.

Помимо постоянных и временных станций ССК, во второй половине 1960-х гг. вокруг Семипалатинского полигона были установлены временные выносные пункты ИФЗ АН СССР. Спустя три года после организации Семипалатинской лаборатории, в 1960 г. начаты строительство и постоянные сейсмические наблюдения на станции Боровое [8–10]. Была установлена станция на месте первой регистрации ядерного взрыва в районе Борового силами ИФЗ АН СССР (преемник ГЕОФИАН). Самым первым взрывом, зарегистрированным станцией в Боровом, был взрыв 15.09.1961 г., произведенный в Неваде. В 1962 г. на сеймостанции в Боровом было зарегистрировано 22 взрыва из 59 ядерных испытаний, проведенных в Неваде. Это был лучший результат по сравнению со всеми остальными сейсмическими станциями СССР и лабораториями Специального контроля. С 1965 г. впервые начата цифровая непрерывная регистрация сейсмических событий с использованием короткопериодной и длиннопериодной сейсмической аппаратуры, разработанной в ИФЗ АН СССР [13–15] (рисунок 3). Цифровые данные сохранялись на 35-мм магнитных лентах [14]. За период 1997–2000 гг. при поддержке Международного научно-технического центра (МНТЦ) была осуществлена перезапись архива цифровых сейсмограмм на современные магнитные носители, данные были преобразованы в современный формат CSS3.0 и стали достоянием ученых разных стран [8, 14, 16]. Кроме стационарной сейсмической станции были организованы временные наблюдения на выносных пунктах: Жукей (26 км от станции «Боровое»), Бармашино (11 км), Зеренда (86 км), Чкалово (72 км), Восточное (60 км). По результатам этих экспериментов для развития наблюдательной сети ГО «Боровое» были отобраны три последних пункта [9].

В непосредственной близости от сейсмической станции ИФЗ АН СССР в 1969 г. в Боровом была установлена станция Службы специального контроля. Благодаря совместной работе ИФЗ и ССК с 1970 г. эффективность обнаружения подземных ядерных взрывов, включая взрывы малой мощности, проводимые в Неваде, резко возросла. В 1978 г. были введены в эксплуатацию еще три станции – Зеренда, Восточная и Чкалово. В сравнении с другими станциями на территории СССР, станции в Боровом оказались наиболее чувствительными по отношению к Невадскому испытательному полигону, несмотря на значительное (~10 000 км) удаление. Ими регистрировались практически все взрывы с уровня $m_b = 4,0-4,2$, что позволило за период с 15.09.1961 г. по 23.09.1992 г. зарегистрировать 484 взрыва на территории США, из них 56 – необъявленных [8, 9].



а) монтаж сейсмоприемников комплекса КОД в шахте, 1965 г. [9];



б) настройка аппаратуры в здании лабораторного корпуса № 1, 1966 г. [10]



в) наладка аппаратуры перезаписи комплекса КОД, 1965 г. [9]



г) аппаратный зал комплекса СЦР-ТСГ, 1973 г. [9]

Рисунок 3. Цифровая аппаратура, установленная на станции «Боровое» [9, 10]

Помимо ядерных взрывов на полигонах США и СССР, в Боровом регистрировались испытания, проводимые на полигонах Франции, КНР и Индии [10, 15].

С развитием автоматической системы регистрации, разработкой цифрового оборудования и с целью повышения эффективности сеть станций ССК продолжала расширяться, в связи с чем, на территории Казахстана в 1985 г. построена сейсмическая станция Актюбинск (рисунок 1). Станция была оснащена автоматизированным аппаратным комплексом «Парус» и с 1986 г. участвовала в оперативной работе ССК [4, 17].

Весомый вклад в регистрацию ядерных взрывов внесла и Комплексная сейсмологическая экспедиция ИФЗ АН СССР, которая была организована в 1960 г. в г. Талгар. Основными задачами КСЭ были изучение локальной сейсмичности в Центральной Азии, в том числе наведенной в районе искусственных водохранилищ, структуры Земли, природы сейсмических волновых полей, мониторинг ядерных испытаний, а также развитие методов детального сейсмического зонирования и разведки полезных ископаемых. Специальная сеть сейсмических станций на территории СССР была установлена для геофизических исследований от Европейской части до Дальнего Востока, количество станций было больше 100. Наибольшее количество станций приходилось на территорию Центральной Азии. Станции КСЭ были оснащены в основном чувствительными приборами типа СКМ-3, КСЭ и РВЗТ с усилением V от 40К до 1000К [18]. Большинство из этих станций были расположены в местах с низким уровнем сейсмических шумов, что позволило регистрировать даже слабые подземные ядерные взрывы на телесеизмических расстояниях (рисунок 4). Сейсмограммы станций хранились в архиве КСЭ ИФЗ РАН, г. Талгар. Кроме сейсмограмм, в архиве КСЭ были накоплены записи геофизических наблюдений: деформографа, наклономера, микробарографа, гравиметра, магнитометра и др.

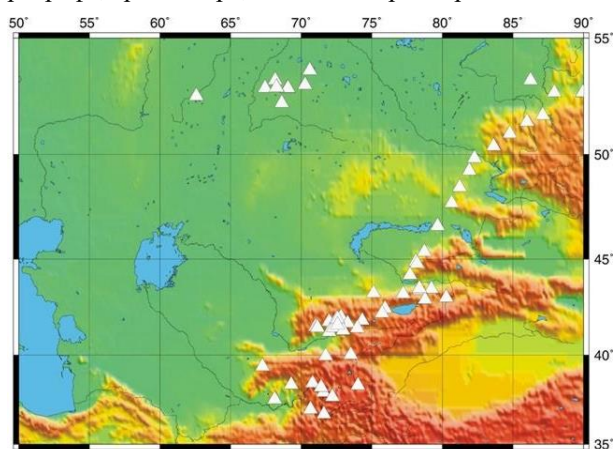


Рисунок 4. Станции КСЭ ИФЗ АН СССР, работавшие в период 1960–1969 гг.

Таким образом, начиная с 1960 г., мониторинг ядерных взрывов, произведенных как на территории СССР, так и за рубежом, в Казахстане осуществлялся специально установленными для этой цели сейсмическими станциями. Совместная работа Службы специального контроля и Института физики Земли позволила выбрать удачные «тихие» места для установки станций, разработать новую аппаратуру для регистрации далеких событий, в результате чего удалось получить записи ядерных испытаний со всех полигонов мира.

СТРУКТУРА И СОСТАВ АРХИВОВ

После распада Советского Союза в составе Национального ядерного центра был создан Институт геофизических исследований (1993 г.), которому были переданы станции Службы сейсмического контроля, расположенные на территории Казахстана – Боровое, Курчатов, Маканчи, Актюбинск. Станции Комплексной сейсмологической экспедиции ИФЗ АН СССР в разные годы были либо переданы в другие сейсмологические организации стран Центральной Азии, либо закрыты. Но архив записей станций КСЭ долгое время оставался в Казахстане, в г. Талгар. Следует отметить, что в связи со спецификой мониторинга, осуществляемого этими станциями в советское время, бюллетени и многие сейсмические записи высылались в г. Москву для более тщательной обработки и обратно уже не возвращались.

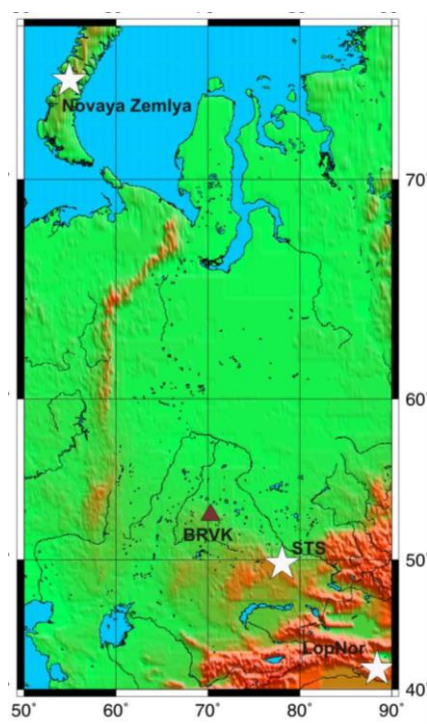


Рисунок 5. Расположение ядерных полигонов Северной Евразии (☆) и сейсмической станции Боровое (▲)

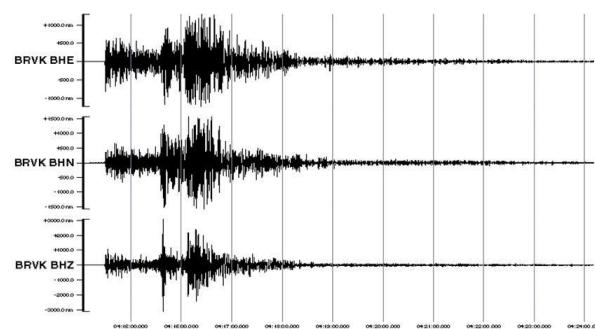
В настоящее время на станции Боровое имеется архив аналоговых сейсмограмм на бумаге, записанных приборами СКМ, и цифровых сейсмограмм на

магнитных лентах (с 1965 г.). Здесь хранятся аналоговые сейсмограммы не только ядерных взрывов с полигонов Лобнор (1967–1980 гг.), Новая Земля (1967–1990 гг.), Похаран (1974 г.), Амчитка (1969 г., 1971 г.), Муруроа (1970–1980 гг.), Невада (1966–1992 гг.), СИП (1964–1989 гг.), но и записи мирных ядерных взрывов (МЯВ) на территории СССР (с 1966 по 1988 гг.), мощных химических взрывов (1965–1987 гг.) и землетрясений. На рисунке 5 показано расположение сейсмической станции Боровое относительно ядерных полигонов Северной Евразии.

На рисунке 6 показано хранилище архива станции Боровое и пример оцифрованной сейсмограммы ядерного взрыва.



а) хранилище архива



б) пример оцифрованной записи ядерного взрыва на СИП, 1979 г.

Рисунок 6. Архив в ГО «Боровое»

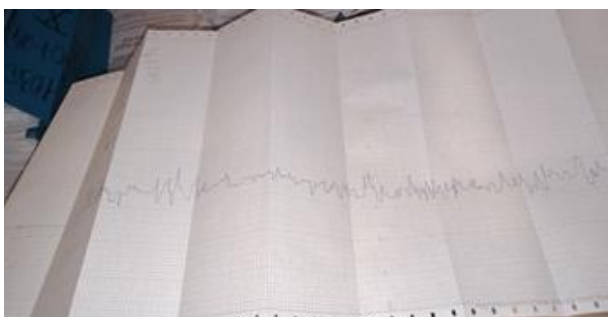
Лучше всего станция показала себя при регистрации событий с полигона Невада, взрывы с которого записывались как самой станцией Боровое, так и станциями Восточное, Зеренда и Чкалово, которые составляют одну большебазовую сейсмическую группу (БСГ) «Треугольник». Станции Восточное, Зеренда и Чкалово в свою очередь также являются минигруппами, так называемыми «Ожерелье». Эта система еще раз доказала эффективность сейсмических групп, а не отдельных станций, при записи сейсмических событий.

Записи станции Маканчи были со временем перевезены в архив ИГИ в г. Курчатов, где они хранятся вместе с записями сейсмической группы «Курчатов-Крест». Многие записи еще во времена СССР были вывезены в Москву. Кроме бумажных сейсмограмм,

в архиве ИГИ в г. Курчатов имеются записи на фото-бумаге станций Курчатов (1987–2002 гг.), Маканчи (1992 г.), записи самописцев станции Маканчи (1988–1993 гг.), Курчатов (1987–2002 гг.), а также станции Новосибирск (1987–1992). На рисунке 7 показаны архив и записи самописцев станции Маканчи.



а) сейсмограммы на бумажном носителе



б) записи самописца

Рисунок 7. Архив и записи самописцев станции Маканчи

В архиве станции Актюбинск, которая начала работать в 1986 г., содержатся записи станции с 1989 по 1993 г. Часть записей, ~100–150 рулонов вместе с папкой, содержащей подшивку с информацией о главных событиях, были переданы в архив ИГИ г. Курчатов. В архиве имеются записи ядерных испытаний со всех полигонов мира и мирные ядерные взрывы, проводившиеся на территории СССР.

Значительные усилия приложены для сохранения архива КСЭ ИФЗ РАН в г. Талгар. В 2002 г. КСЭ ИФЗ РАН была закрыта, и архив исторических сейсмограмм стал собственностью предприятия НПК «Прогноз» ГУ Казселезащита, которое было закрыто в 2013 г. Архив исторических сейсмограмм оказался в заброшенном неохраняемом здании, он неоднократно подвергался вандализму, в здании был пожар, который чуть было не уничтожил бесценные сейсмограммы. В 2015–2016 гг. архив КСЭ ИФЗ РАН был перемещен на территорию KNDC в г. Алматы. В 2018 г. начаты работы по упорядочиванию и инвентаризации этого архива (рисунок 8).

Архив станций КСЭ содержит аналоговые записи землетрясений (с 1951 г.), ядерных взрывов со всех полигонов мира – Лобнор (1965–1996 гг.), Новая Земля (1961–1990 гг.), Похаран (1974–1998 гг.), Чагай (1998 г.), Ин-Эккер (1962–1966 г.), Амчитка

(1965–1971 гг.), Муруроа (1968–1996 гг.), Невада (1963–1992 гг.), СИП (1961–1989 гг.), записи мощных химических взрывов (1957–1989 гг.), мирных ядерных взрывов (1965–1988 гг.), а также записи землетрясений, произошедших вблизи полигонов. Всего в архиве КСЭ, расположенном в KNDC, содержится больше 300 тысяч сейсмограмм.



Рисунок 8. Работы по упорядочиванию архива КСЭ ИФЗ, перевезенного в KNDC

Таким образом, наиболее полными по наличию сейсмических записей являются архив станции Боровое (1961–1990 гг.) и перемещенный в KNDC архив КСЭ (1951–1998 гг.).

РАБОТЫ ПО СОХРАНЕНИЮ АРХИВНЫХ СЕЙСМОГРАММ

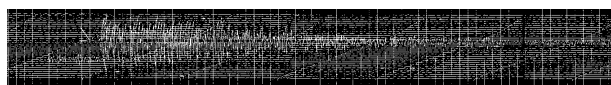
Институт геофизических исследований в течение последних двадцати лет проводит планомерную работу по оцифровке и сканированию сейсмограмм, полученных на фото- и простой бумаге, хранящихся в архивах разных организаций. При поддержке ряда международных (МНТЦ) и зарубежных (LDEO, НОРСАР, АФТАК), организаций, а также по бюджетной программе Казахстана, в разные годы проводилась работа с записями ядерных взрывов, произведенных на разных испытательных полигонах мира.

Работы по оцифровке сейсмограмм ядерных взрывов были начаты в 1998 г. в рамках проекта МНТЦ К-063 на базе КСЭ ИФЗ РАН с участием ИГИ [16]. Важную роль в организации оцифровки исторических сейсмограмм сыграла Ламонт-Дохертская земная обсерватория (LDEO) Колумбийского университета США, сотрудники которой предоставили

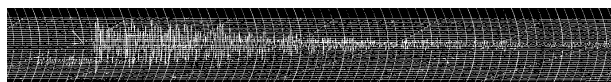
матобеспечение NXSCAN для оцифровки [19], финансировали стажировки сотрудников ИГИ в LDEO и проводили постоянные консультации. После закрытия КСЭ в 2002 г. работа по сохранению исторического архива записей ядерных взрывов была на время прекращена.

В 2005 г. в ИГИ стартовала бюджетная программа «Создание электронного архива исторических сейсмограмм ядерных взрывов и землетрясений, зарегистрированных станциями специального контроля» (2005–2011 гг.). За время выполнения этой программы были оцифрованы более 6000 аналоговых сейсмограмм ядерных взрывов, зарегистрированных на фотобумаге [20].

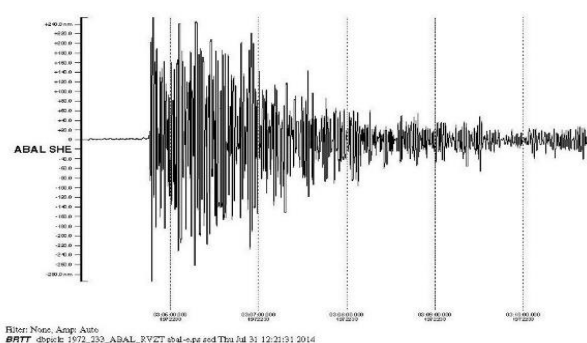
В 2012 г. начался новый совместный с LDEO проект, предусматривающий оцифровку дугообразных сейсмограмм из архивов Казахстана, зарегистрированных приборами PB3T и КСЭ, и создание общей базы данных сейсмограмм ядерных взрывов, оцифрованных в рамках различных проектов. Сотрудники LDEO создали специальное матобеспечение DEARC (W.-Y. Kim and M. Gold) [21], которое позволило корректировать дугообразные сейсмограммы, приводя их к стандартному виду (рисунок 9). Другой особенностью проекта было то, что наряду с подземными ядерными взрывами, были оцифрованы записи воздушных, подводных, наземных ядерных испытаний.



а) оригинальная сейсмограмма



б) откорректированная программой DEARC



в) оцифрованная сейсмограмма

Рисунок 9. Процесс корректировки дугообразной сейсмограммы с использованием программы DEARC

В 2013 г. при поддержке норвежского сейсмологического агентства НОРСАР был приобретен широкоформатный сканер CONTEX HD ULTRA (формата A0+, 1200 DPI), что позволило инициировать работы по сканированию аналоговых сейсмограмм с хорошим разрешением.

В течение 2018–2020 г. в ИГИ был реализован совместный с АФТАК проект «Проведение оцифровки, Казахстан». В рамках проекта оцифровано порядка 2000 сейсмограмм ядерных взрывов в районе Семипалатинского испытательного полигона, зарегистрированных станциями КСЭ ИФЗ АН СССР, ранее не оцифрованных. Кроме того, были оцифрованы записи микробарографа TLG воздушных и наземных ядерных взрывов, произведенных на полигонах Лобнор, СИП и Новая Земля. В 2020 г. приобретен новый широкоформатный сканер CONTEX в рамках проекта с АФТАК.

В настоящее время в ИГИ выполняются 2 проекта по сохранению исторических бумажных записей:

1) совместный с Мичиганским Государственным университетом. Планируется оцифровка аналоговых сейсмограмм событий из района полигона СИП с использованием матобеспечения WaveTrack (Новосибирский Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН), а также проведение научных исследований с использованием оцифрованных сейсмограмм;

2) МНТЦ KR2398 «Унифицированный бюллетень и оценка сейсмической опасности территории Центральной Азии» (CASHA-BU), выполняемый совместно с Мичиганским Государственным университетом и LLNL (США). Планируется оцифровка бумажных бюллетеней с использованием матобеспечения QuakeBase (Мичиганский Государственный университет), перелокализация сейсмических событий на территории Центральной Азии и оценка сейсмической опасности.

За все время этих работ удалось перевести в цифровой вид более 10 000 записей ядерных взрывов со следующих полигонов мира: Семипалатинский испытательный, Новая Земля, Лобнор, Невада, Амчитка, Муруроа и Фангатауфа, Ин-Эккер, Похаран, Чагай, а также мирных ядерных взрывов на территории СССР. Планируется создание единой базы данных оцифрованных записей по разным проектам, которая будет использоваться для проведения научных исследований в интересах контроля за выполнением Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний [22] и решения различных гражданских задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сохранение аналоговых записей ядерных, химических взрывов, землетрясений, их сканирование и оцифровка являются очень важной частью работы, выполняемой Институтом геофизических исследований, так как содержащаяся в них информация является ценной для решения многих научных задач: исследование внутреннего строения Земли и атмосферы, изучение поствзрывных тектонических процессов в районах проведения испытаний, уточнение параметров прошлых взрывов для задач моделирования, построение региональных годографов, восстановление параметров слабых ядерных взрывов и многих других [23–29].

ЛИТЕРАТУРА

1. Монахов, Ф.И. Справка [научного сотрудника Геофизического института АН СССР Ф.И. Монахова] по результатам наблюдений сейсмических станций 29 августа 1949 г. от 05.09.1949 // Атомный проект СССР. Документы и материалы. Под общ. ред. Л.Д. Рябева. – Москва – Саров: Наука-Физматлит, 2006. – Т. 2, книга 6. – С. 665–667.
2. Васильев, А.П. От национальных систем контроля за ядерными взрывами к международной системе мониторинга / А.П. Васильев // Вестник НЯЦ РК, 2003, вып. 2 (6). – С. 18–24.
3. Султанов, Д.Д. Сейсмометрическая лаборатория ИФЗ – первое специализированное подразделение по разработке сейсмического метода контроля за ядерными испытаниями / Д.Д. Султанов // М.: Рождённая атомным веком, 2002. – Ч.1. – С. 45–52.
4. Васильев, А.П. Освоение и развитие в ССК сейсмического метода обнаружения ядерных взрывов (исторический очерк) / А.П. Васильев, В.А. Лаушкин // Сборник рождённая атомным веком – 2002. – С. 96–114.
5. Васильев, А.П. Историография начального 50-летия создания в СССР системы дальнего обнаружения ядерных взрывов // Вестник НЯЦ РК. – 2006. – Вып. 2. – С. 5–10.
6. Алексеев, Н.Г. В первом научно-исследовательском отделе спецконтроля / Н.Г. Алексеев // М.: Курчатовский институт. История атомного проекта, 1996. – Вып. 7. – С. 174.
7. 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.
8. Адушкин, В.В. Сейсмические наблюдения и контроль за подземными ядерными взрывами на геофизической обсерватории Боровое / В.В. Адушкин, В.А. Ан // Изв. АН СССР, 1990. – 12. – С. 47–59.
9. Адушкин, В.В. Геофизическая обсерватория «Боровое». Из прошлого – в будущее (к 40-летию создания) / В.В. Адушкин, Р. Richards, В.А. Ан, А. В. Ситников // Вестник НЯЦ РК, 2001. – Вып. 2. – С. 15–20.
10. Васильев, А.П. Из истории Геофизической обсерватории Боровое // Вестник НЯЦ РК., 2007. – Вып. 2. – С. 133–144.
11. Пасечник, И.П. Характеристика сейсмических волн при ядерных взрывах и землетрясениях / И.П. Пасечник. – М.: Наука, 1970. – 191 с.
12. Васильев, А.П. К истории возникновения инфразвукового метода обнаружения ядерных взрывов / А.П. Васильев // Вестник НЯЦ РК. – 2004, Вып. 2. – С. 42–47.
13. Ан, В.А. О разработке и внедрении в практику геофизических исследований и контроля за ядерными взрывами цифровой аппаратуры / В.А. Ан, В.А. Коновалов // Рождённая атомным веком. Часть 1: Сборник исторических очерков, документов и воспоминаний ветеранов к 40-летию создания в СССР Службы специального контроля Министерства обороны. Под ред. А.П. Васильева. – М. – 1998. – С. 132–139.
14. An, V.A. A digital seismogram archive of nuclear explosion signals, recorded at the Borovoye Geophysical Observatory, Kazakhstan, from 1966 to 1996. / V.A. An, V.M. Ovtchinnikov, P.B. Kaazik, V.V. Adushkin, I.N. Sokolova, I.B. Aleschenko, N.N. Mikhailova [et al.] // GeoResJ. – Vol. 6, June 2015. – P. 141–163.
15. Шнирман, Г.Л. Аппаратурные наблюдения (избранные труды) / Г.Л. Шнирман. – М.: ОИФЗ РАН, – 2003. – 304 с.
16. Мониторинг за соблюдением договора о всеобщем запрещении ядерных испытаний и мониторинг землетрясений в Казахстане (с 1 марта 1997 г. по 31 августа 2000 г.). – МНТЦ К-063-97: технический отчет (заключительный) / Институт геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан: менеджер проекта Беляшова Н.Н. – Семипалатинск-21, 2000. – 303 с.
17. Рождённая атомным веком: Сб. исторических очерков, документов и воспоминаний ветеранов к 40-летию создания в СССР Службы специального контроля Министерства обороны. Часть 1 / под ред. А.П. Васильева. – М. – 2002. – 318 с.
18. Аранович, З.И. Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР / З.И. Аранович, Д.П. Кирно, В.М. Фрейд. – М.: Наука. – 1974. – 245 с.
19. NXSCAN. Manual. Incorporated research institutions for seismology (IRIS), – Washington, – USA, 1992.
20. Перевод архива исторических сейсмограмм ядерных взрывов и землетрясений, зарегистрированных станциями специального контроля, с бумажных и магнитных записей на электронные носители – 023, 030, 044/1: отчеты (промежуточные) / ИГИ НЯЦ РК; отв. исп. И.Н. Соколова. – Курчатов, 2005 – 41 с., 2006 – 44 с., 2007 – 74 с., 2008 – 77 с., 2009 – 101 с., 2010 – 72 с., 2011. – 59 с.
21. Великанова, А.А. Новая методика оцифровки исторических записей ядерных взрывов / А.А. Великанова, А.Н. Узбеков, И.Б. Алешенко // Вестник НЯЦ РК. – 2015. – Вып. 3. – С. 72–77.
22. Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ). – Вена: Подготовительная комиссия Организации ДВЗЯИ, переиздание, май 2001 г.
23. Краснощеков, Д.Н., О скачке плотности на границе внутреннего ядра земли по записям подземных ядерных взрывов / Д.Н. Краснощеков, В.М. Овчинников // Вестник НЯЦ РК, 2001. – вып. 2. – С. 88–92.
24. Узбеков, А.Н. Исторические сейсмограммы подземных ядерных взрывов для развития новых подходов в распознавании / А.Н. Узбеков, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК, 2009. – вып. 2. – С.33–38.
25. Соколова, И.Н. Изучение исторических сейсмических и инфразвуковых записей событий из района испытательного полигона Новая Земля по данным станций СССР / И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК. – 2015. – Вып. 4. – С. 58–66.
26. Копничев, Ю.Ф. О воздействии мощных взрывов на структуру поля поглощения поперечных волн в земной коре и верхах мантии / Ю.Ф. Копничев // Доклады АН, 1998. – т. 363, № 6. – С. 819–822.
27. Михайлова, Н.Н. Годограф сейсмических волн по результатам регистрации сигналов от химических взрывов / Н.Н. Михайлова, И.Л. Аристова, Т.И. Германова // Вестник НЯЦ РК, 2002. – Вып. 2(10). – С. 46–54.
28. Соколова, И.Н. Исторические сейсмические записи взрывов, проведенных для создания селезащитной плотины в Медео / И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК. – 2019. – Вып. 2. – С. 128–137.
29. Соколова, И.Н. Уточнение параметров слабых ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне на основе изучения исторических сейсмограмм / И.Н. Соколова, А.Е. Великанов // Вестник НЯЦ РК, 2013. – Вып. 2. – С. 49–55.

**ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР ИНСТИТУТЫНЫҢ МҰРАҒАТТАРЫНДАҒЫ
ЯДРОЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАРДЫҢ ТАРИХИ ЖАЗБАЛАРЫ**

Д.Б. Бекбулатова, Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова

Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Бірқатар шетелдік ұйымдардың қолдауымен Геофизикалық зерттеулер институтында құрылған ядролық жарылыстар жазбаларының мұрағаты туралы мәліметтер келтірілген. Соңғы жиырма жыл ішінде Институтта тарихи аналогтық жазбаларды сканерлеу және цифрлау бойынша жұмыстар жүргізілуде, бұл мұрағаттық сейсмограммаларды сақтауға және ядролық сынаулар мен жер сілкінулері мониторингінің тиімділігін арттыру бойынша зерттеулерде пайдалануға мүмкіндік береді.

**HISTORICAL RECORDS OF NUCLEAR EXPLOSIONS AT THE ARCHIVES
OF THE INSTITUTE OF GEOPHYSICAL RESEARCH**

D.B. Bekbulatova, N.N. Mikhailova, I.N. Sokolova

Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan

The paper presents information on an archive of records of nuclear explosions created at the Institute of Geophysical Research with the support of a number of foreign organizations. During recent twenty years the work has been done on scanning and digitization of historical analog records at the Institute; this allows to keep and use archive seismograms in research on improving the efficiency of monitoring of nuclear tests and earthquakes.