

УДК 621.039.9

ИЗУЧЕНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ И ИНФРАЗВУКОВЫХ ЗАПИСЕЙ СОБЫТИЙ ИЗ РАЙОНА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА НОВАЯ ЗЕМЛЯ ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ СССР

Соколова И.Н.

Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Приведены характерные особенности волновой картины воздушных, надводных, подводных, подземных ядерных взрывов по результатам изучения записей 55 ядерных взрывов, произведенных на испытательном полигоне Новая Земля и зарегистрированных аналоговыми и цифровыми станциями в бывшем СССР на удалении 1300 – 4400 км. Описаны признаки, важные для распознавания ядерных взрывов, произведенных в разных средах, и землетрясений. Установлена зависимость магнитуды сигналов от мощности взрывов в различных средах.

Северный испытательный полигон Новая Земля использовался в советское время для проведения уникальных испытаний ядерного оружия в разных средах. Так за период 1955 - 1990 гг. на полигоне было произведено 130 ядерных взрывов, суммарная мощность которых составила 265 мегатонн. На Новой Земле проведен один наземный, 85 воздушных, 2 надводных, 3 подводных и 39 подземных (в скважинах, в штольнях) ядерных взрывов [1 - 6]. Кроме того, вблизи полигона зарегистрированы тектонические землетрясения, а также техногенные землетрясения, вызванные мультимегатонными ПЯВ. Изучение волновой картины сейсмических источников из района испытательного полигона Новая Земля представляет большой интерес для специалистов в области мониторинга ядерных испытаний.

К сожалению, существует лишь незначительное количество сейсмических событий на территории полигона Новая Земля, зарегистрированных цифровыми станциями. Однако за годы работы полигона в архивах различных сейсмологических организаций Центральной Азии накоплено большое количество аналоговых сейсмограмм, зарегистрированных как стационарными, так и временными станциями. Кроме того, на территории сейсмической станции Талгар микробарографом, установленным в 1962 г., были зарегистрированы инфразвуковые записи волн от мультимегатонных воздушных ядерных взрывов, на расстояниях ~3500 - 3700 км. Сейсмические и инфразвуковые записи ядерных взрывов из района полигона Новая Земля составили предмет изучения в настоящей работе.

СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ И МАТЕРИАЛЫ

Северный испытательный полигон Новая Земля (СИПНЗ) расположен в Российской Федерации (бывшая РСФСР) на территории архипелага Новая Земля, входящего в состав Архангельской области. Архипелаг состоит из двух крупных островов – северного и южного, разделенных проливом Маточкин Шар. Северный остров занимает площадь ~49000 км², южный ~33200 км² [1]. Протяженность архипелага с севера на юг составляет около 750 км, ширина - 140 км. На рисунке 1 показаны три испытательные площадки полигона: А, В, С.

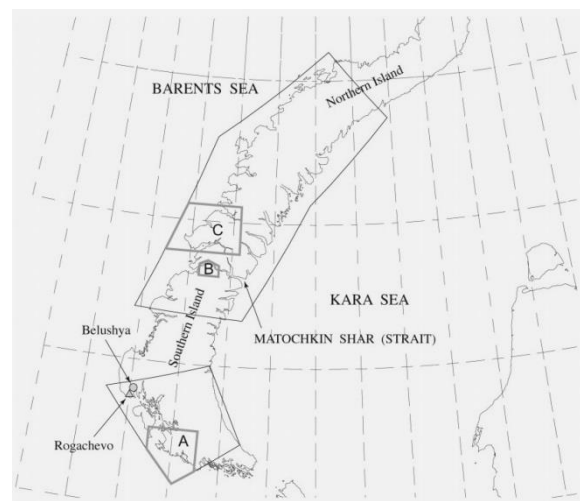
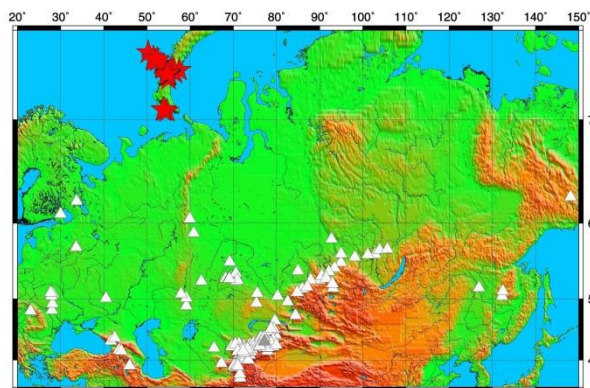


Рисунок 1. Контуры испытательных площадок (А, В, С) Северного испытательного полигона Новая Земля

В зоне А (район губы Черной) проведены килотонные атмосферные ядерные взрывы, подземные ядерные испытания в шахтах, а также поверхностный ЯВ, 3 подводных и 2 надводных ЯВ. В зоне В – проведены подземные ядерные взрывы в штольнях (горные районы Моисеева и Лазарева). В зоне С проведены испытания мультимегатонных ядерных зарядов, сброшенных с самолетов [1]. В период работы СИПНЗ на территории Казахстана непрерывные сейсмические наблюдения проводились станциями, которые входили в сеть сейсмологической опытно-методической экспедиции (СОМЭ), расположенными в основном на территории Северного Тянь-Шаня. Основной задачей этих станций был мониторинг землетрясений на территории юга и юго-востока Казахстана. На северотяньшаньских станциях СОМЭ была установлена узкополосная аппаратура СКМ-3 с увеличением $V=20000-40000$ [7], на большинстве станций дополнительно была установлена широкополосная аппаратура СКД с увеличением 1000. Другие сейсмические станции на территории Казахстана (стационарные и временные) входили в сейсмическую сеть Комплексной сейсмологической экспедиции (КСЭ), созданной Институтом физики Земли (ИФЗ) АН СССР в г. Талгар. В задачи

этой сети станций входили не только мониторинг землетрясений и изучение строения литосферы, но и обнаружение, распознавание ядерных испытаний на региональных и телесеismicких расстояниях. Все станции были оснащены чувствительными приборами типа СКМ-3, УСФ, КСЭ и РВЗТ с усилением V от 40 000 до 120 000 [8]. Большинство этих станций было расположено в местах с низким уровнем seismicких шумов, что позволило регистрировать даже слабые подземные ядерные взрывы на телесеismicких расстояниях. В архиве seismicкой станции Боровое (РГП ИГИ) хранится большое количество сейсмограмм ядерных взрывов, в том числе произведенных на СИПНЗ. В Кыргызстане seismicкие наблюдения проводились станциями, которые входили в сеть Института сейсмологии Кыргызстана (ИС НАН КР) и на которых была установлена аппаратура СКМ-3 с увеличением $V=20000 - 40000$ и СКД с увеличением 1000. Задачей этих станций был мониторинг землетрясений Кыргызстана и прилегающих территорий.



△ – станция, данные которой использованы в исследованиях,
▲ – станция с микробарографом,
★ – эпицентры ядерных взрывов на СИПНЗ

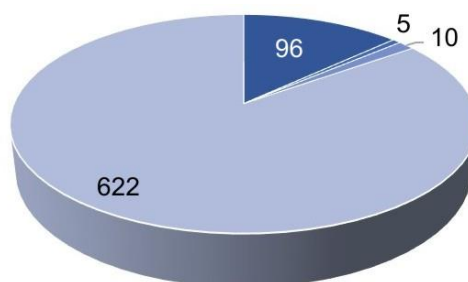
Рисунок 2. Расположение seismicких станций, работавших в период 1955 - 1990 гг.

Сейсмограммы сетей seismicких станций Центральной Азии, накопленные в архивах различных организаций, по ядерным взрывам, уникальны и являются бесценными данными для научных исследований. На рисунке 2 показано расположение работавших в разные годы seismicких станций, сейсмограммы которых использовались для исследований. Сейсмограммы этих станций хранятся в основном в архивах КСЭ ИФЗ РАН в г. Талгар (Комплексная сейсмологическая экспедиция Института физики Земли), СОМЭ МОН РК в г. Алматы (Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция), РГП ИГИ в Боровом (Геофизическая обсерватория «Боровое») и ИС КР в г. Бишкек (Институт сейсмологии Кыргызской Республики) [9].

В таблице 1 приведены основные сведения об аппаратуре, которая использовалась на аналоговых станциях Казахстана и Средней Азии с 60-х годов прошлого столетия [8].

Таблица 1. Характеристики аналоговой аппаратуры

Станция	Собственный период T_0 , с	Увеличение	Развертка по времени, мм/мин	Тип регистрации	Кол-во каналов
СКД	20	1.0К-1.5К	60 или 30	фотобумага	3
СКМ	1.5, 2	25К-80К	120 или 60	фотобумага	3
УСФ	1.5	50К-80К	240 с или 120	фотобумага	3
РВЗТ	1.25, 1.5	100К-300К	120	чернильный перописец	3
КСЭ	1.25, 1.5	300К-1000К	120	чернильный перописец	1



■ атмосферные ЯВ ■ надводный ЯВ ■ подводный ЯВ ■ подземные ЯВ

Рисунок 3. Распределение количества оцифрованных сейсмограмм по типу источника

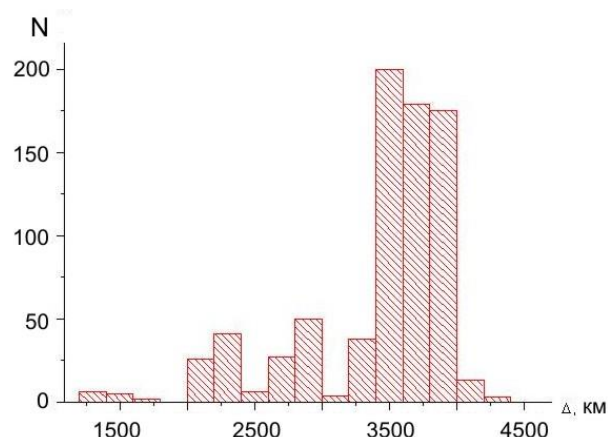


Рисунок 4. Распределение количества оцифрованных сейсмограмм по эпицентральному расстояниям

Поскольку аналоговая форма записи является препятствием для использования при решении задач, предусматривающих цифровую математическую обработку, большинство сейсмограмм ядерных взрывов, произведенных на СИПНЗ, было оцифровано. В качестве программного обеспечения использован программный комплекс “NXSCAN” [10], который в полуавтоматическом режиме позволяет оцифровывать предварительно отсканированные сейсмограммы. Оцифровка сейсмограмм проведена с частотой 40 Гц. Фрагменты оцифрованных сейсмограмм сохранены в формате SAC (Seismic Analysis Code), после чего они преобразованы в формат CSS 3.0 (Center for Seismic Studies v.3.0)

[11]. Из оцифрованного материала создана база данных, каждая запись в которой содержит следующие таблицы CSS 3.0: wfdisc, site, sitechan, assoc, origin [11]. Всего было обработано 785 сейсмических записей для 55 ядерных взрывов, на эпицентральных расстояниях 1270 - 4390 км (рисунки 3, 4).

ОСОБЕННОСТИ ВОЛНОВОЙ КАРТИНЫ ВЗРЫВОВ, ПРОВЕДЕННЫХ В РАЗНЫХ СРЕДАХ

Атмосферные ядерные взрывы. Восемьдесят пять атмосферных ядерных испытаний были проведены на СИПНЗ с 24 сентября 1957 г. до 25 декабря 1962 г., суммарная их мощность составила 239.6 Мт. Диапазон расстояний от района проведения атмосферных ЯВ до центрально азиатских станций составил 2600 – 3800 км. На таких расстояниях были зарегистрированы только атмосферные взрывы в диапазоне мощности 0.4 - 58 Мт. Записи воздушных ядерных взрывов, произведенных на полигоне Новая Земля, низкочастотные и имеют все характерные признаки воздушных взрывов: мощные поверхностные волны, которые доминируют по амплитуде, нечеткое вступление Р-волны, значение отношения S/P больше 1. На рисунке 5 приведен пример сейсмической записи воздушного ядерного взрыва, произведенного на высоте 3230 м 22 октября 1962 г., $t_0=09-06-10.1$, $\varphi=73.4^\circ$, $\lambda=54.9^\circ$, мощность взрыва $Y=8200$ кт. В [12, 13] отмечено, что особенностью сейсмических записей атмосферных и контактных ядерных взрывов, зарегистрированных стандартными длинопериодными сейсмометрами, является наличие на сейсмограммах характерных колебаний, совпадающих по времени вступления и по форме, особенно на начальном участке, с соответствующими записями микробарографов. Причиной регистрации сейсмометром акустических волн от ядерных взрывов является движение грунта, вызываемое изменением нагружения земной поверхности при прохождении воздушной волны над местом установки сейсмометра [12]. Для атмосферных взрывов было обнаружено 6 записей акустической волны на сейсмограммах станций Алма-Ата (AAA) и Талгар (TLG).

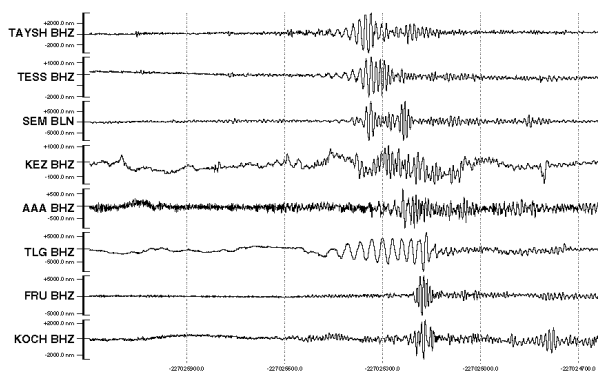
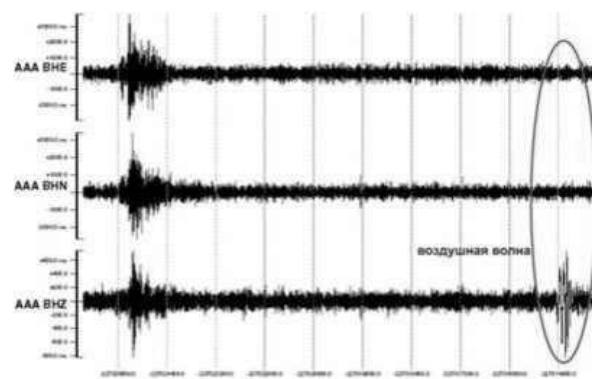
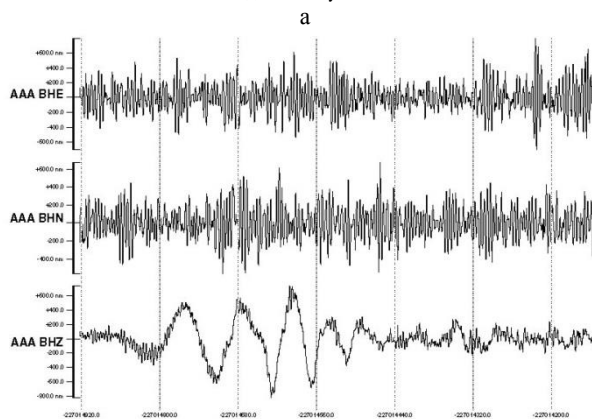


Рисунок 5. Сейсмограммы воздушного ядерного взрыва 22 октября 1962 г., $t_0=09-06-10.1$, $\varphi=73.4^\circ$, $\lambda=54.9^\circ$

На рисунке 6 приведена сейсмограмма воздушного взрыва мощностью 8.2 Мт 22 октября 1962 года, $t_0=09:06:10.1$, $\varphi=73.400^\circ$ с.ш., $\lambda=54.900^\circ$ в.д. зарегистрированного станцией AAA на расстоянии 3550 км. Запись воздушной волны станцией AAA видна только на вертикальной компоненте и представляет собой цуг колебаний с большими периодами, достигающими 3 минут. Скорость распространения составляет $v=(0.332 \pm 0.018)$ км/с.



на записи выделена акустическая волна



б

Рисунок 6. Сейсмограммы и запись акустической волны атмосферного ядерного взрыва 22 октября 1962 г.: $t_0=09:06:10.1$, $\varphi=73.400^\circ$ с.ш., $\lambda=54.900^\circ$ в.д.: а - полная запись ядерного взрыва; б - детализация акустической волны. Станция Алма-Ата (AAA). Эпицентральное расстояние 3550 км

Подводные ядерные взрывы. Три подводных взрыва с испытаниями военной техники в интересах ВМФ проведены осенью 1955, 1957 и 1961 г в губе Черной с использованием торпед с атомным зарядом. В 1955 г торпеда была подвешена на глубине 12 м с судна, которое было уничтожено взрывом, в 1957, 1961 г. торпеды с атомным зарядом выпускались с подводных лодок со стороны устья бухты. Взрывы проведены при глубине акватории до 60 м. Последнее подводное испытание на СИПНЗ проведено 23 октября 1961 г., $t_0=10-30-48.0$, $\varphi=73.9^\circ$, $\lambda=53.8^\circ$, на глубине 20 м, мощность заряда составила 4.8 кт. Событие было зарегистрировано рядом станций, расположенных на Алтае, в Казахстане и

Кыргызстане (рисунок 7). Диапазон эпицентральных расстояний составил 2750 - 3700 км.

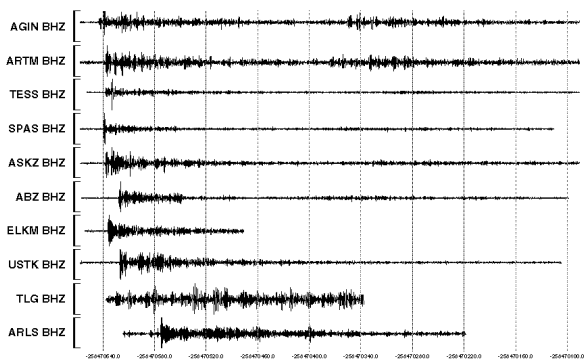


Рисунок 7. Сейсмограммы подводного испытания на НЗИП 23 октября 1961 г., $t_0=10-30-48.0$, $\varphi=73.9^\circ$, $\lambda=53.8^\circ$, $h=20$ м, $Y=4.8$ км

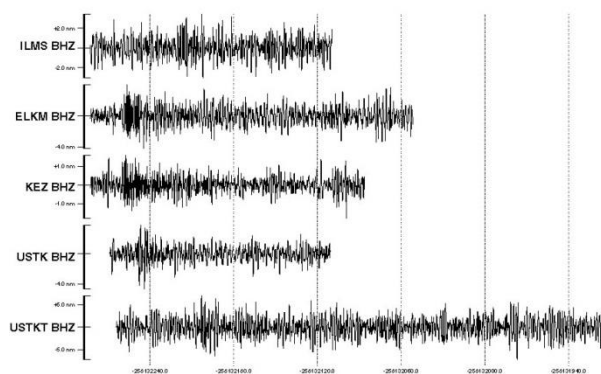


Рисунок 8. Сейсмограммы надводного ядерного взрыва 27 октября 1961 г., $t_0=08-30-26.6$, $\varphi=70.7^\circ$, $\lambda=54.67^\circ$, $h=1.1$ м, $Y=16$ км

Как видно из рисунка 7, на всех сейсмограммах доминируют Р-волны, первое вступление четкое, знаки первых вступлений на вертикальной компоненте положительные. Запись высокочастотная, поверхностные волны отсутствуют, отношение S/P<1.

Прибрежный и надводные ядерные взрывы. Прибрежный взрыв, мощностью 32 кт произведен осенью 1957 г. на расстоянии 100 м от побережья губы Черной. Заряд был установлен на башне высотой 15 м. Надводные взрывы торпед произведены в 1961 г. и 1962 г. Торпеды с атомным зарядом выпускались с подводных лодок со стороны устья бухты. Взрывы произведены при глубине акватории до 60 м. Цель испытаний состояла в отработке атомных зарядов и вооружения ВМФ, в определении основных физических характеристик и поражающих факторов подводных ядерных взрывов на мелководье, в испытании военной техники с применением специально разработанной измерительной аппаратуры [14]. Один из надводных взрывов был зарегистрирован станциями, расположенными на Алтае, при этом диапазон эпицентральных расстояний составил 2660 - 2810 км. На рисунке 8 приведены сейсмограммы

надводного взрыва 27 октября 1961 г., $t_0=08-30-26.6$, $\varphi=70.7^\circ$, $\lambda=54.67^\circ$, высота 1.1 м, мощность 16 кт. Следует отметить, что взрыв достаточно слабый для регистрации на таких расстояниях, в связи с чем, запись его невыразительная, с трудом можно выделить первое вступление Р волны на фоне сейсмического шума.

Подземные ядерные испытания на полигоне Новая Земля проведены в период 1964 - 1990 г. Из общего количества ПЯВ 39, на северной площадке вблизи пролива Маточкин Шар проведены 33 в период с 1964 - 1990, на южной площадке выполнены 6 испытаний в период 1972 - 1975 г. [1]. Было собрано и обработано 622 записи ПЯВ на этом полигоне. Диапазон эпицентральных расстояний составил 1270 - 4390 км. На рисунке 9 приведены сейсмограммы подземного ядерного взрыва, произведенного в штольне 11 октября 1980 г., $t_0=07-09-57.4$, $\varphi=73.336^\circ$, $\lambda=54.94^\circ$, $h=600$ м, мощность заряда $Y=130$ кт.

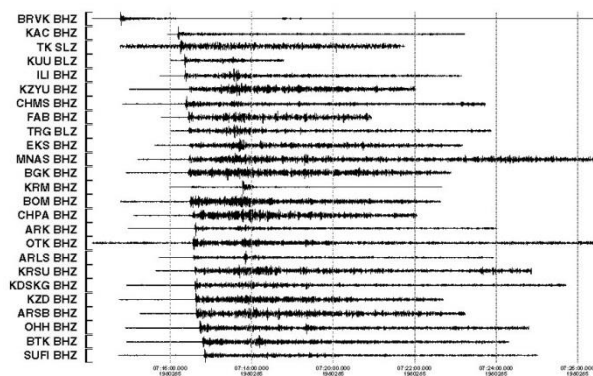


Рисунок 9. Сейсмограммы подземного ядерного взрыва, проведенного в штольне 11 октября 1980 г., $t_0=07-09-57.4$, $\varphi=73.336^\circ$, $\lambda=54.94^\circ$, $h=600$ м, $Y=130$ км

Все сейсмические записи высокочастотные, по амплитуде доминирует Р волна, первое вступление четкое, знаки первых вступлений на вертикальной компоненте положительные, отношение S/P<1.

По всем историческим сейсмограммам ядерных взрывов, произведенных на полигоне Новая Земля, были замерены амплитуды и периоды основных сейсмических фаз, рассчитаны магнитуды mb и MLV, что позволило дополнить информацию, отсутствовавшую ранее в каталогах международных сейсмических служб. зависимостью магнитуды mb для ядерных взрывов, проведенных в разных средах, от мощности взрыва.

Видно, что сейсмический эффект взрывов существенно зависит от типа источника – самый низкий сейсмический эффект у атмосферных взрывов, наибольший сейсмический эффект у подводного взрыва, надводный взрыв занимает промежуточное положение между воздушными и подземными ядерными взрывами. На рисунках 10, 11 приведены зависимости магнитуд mb и MLV от мощности взрыва так-

же для ядерных взрывов, проведенных в разных средах. Сейсмический эффект подземных ядерных взрывов гораздо выше чем у атмосферных.

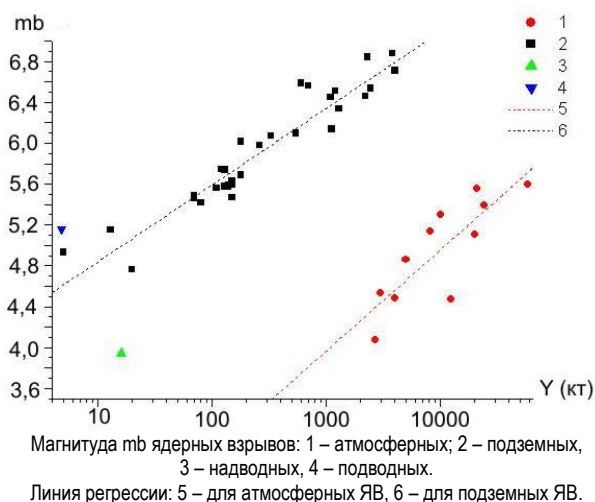


Рисунок 10. Зависимость магнитуды m_b от мощности для ядерных взрывов, проведенных в разных средах

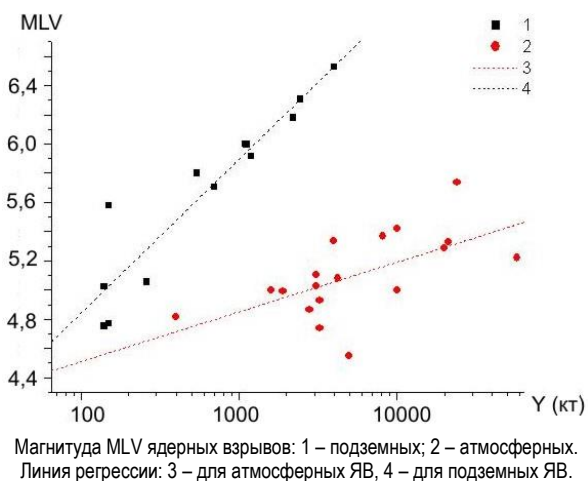


Рисунок 11. Зависимость магнитуды MLV от мощности для ядерных взрывов, проведенных в разных средах

Уравнение регрессии для подземных ядерных взрывов:

$$m_b = 4,09 + 0,75 * \lg(Y(kt)), \text{ коэффициент корреляции } R = 0,95.$$

$$MLV = 2,74 + 1,05 * \lg(Y(kt)), \text{ коэффициент корреляции } R = 0,93.$$

Уравнение регрессии для воздушных ядерных взрывов:

$$m_b = 0,997 + 0,99 * \lg(Y(kt)), \text{ коэффициент корреляции } R = 0,83.$$

$$MLV = 3,83 + 0,34 * \lg(Y(kt)), \text{ коэффициент корреляции } R = 0,61.$$

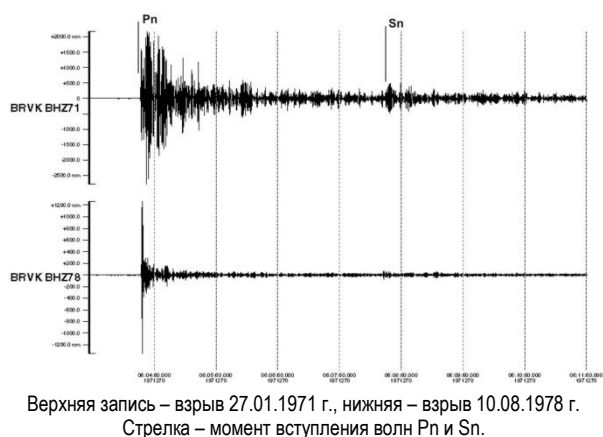
ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ПОЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ S-ВОЛН В РАЙОНЕ ЯДЕРНОГО ПОЛИГОНА НОВАЯ ЗЕМЛЯ

Ранее [15, 19] были выявлены существенные временные вариации поля поглощения короткопериодных поперечных волн в районе Семипалатинского и Невадского испытательных полигонов, которые связывались с миграцией глубинных флюидов в результате длительного интенсивного техногенного воздействия на геологическую среду. Для района ядерного полигона Новая Земля рассмотрены аналогичные характеристики поля поглощения короткопериодных поперечных волн. Использован метод, основанный на анализе относительного уровня волн Sn и Pn (параметра Sn/Pn), а также наклона огибающих P-коды по записям подземных ядерных взрывов, полученных станцией Боровое - BRVK [16]. Выполнен анализ отношения максимальных амплитуд в волнах Sn и Pn (параметра $\lg A_{Sn}/A_{Pn}$) [16]. В [17] показано, что группа волн Sn формируется главным образом поперечными волнами, отраженными от субгоризонтальных границ в верхней мантии. Отношение амплитуд использовано для нормировки, поскольку волны Sn и Pn распространяются по близким трассам. Кроме того, дополнительно анализировался наклон огибающих P-коды. Как установлено ранее, когда P-волны в рассматриваемом диапазоне расстояний формируется в основном волнами, распространяющимися вблизи от лучевой плоскости, в результате обменного рассеяния волн типа S-P в области очага [18]. В этом случае кода-волны пересекают кору и верхи мантии в области эпицентра под более крутыми углами, чем группа волн Sn [17]. Рассматривался параметр $\lg(A_c/A_p)$, где A_c – уровень огибающей коды в фиксированный момент времени t_c , отсчитываемый от начала излучения в очаге.

Поскольку поглощение существенно зависит от частоты, вертикальные компоненты записей предварительно подвергались узкополосной фильтрации (использовался фильтр с центральной частотой 1.25 Гц и шириной 2/3 октавы).

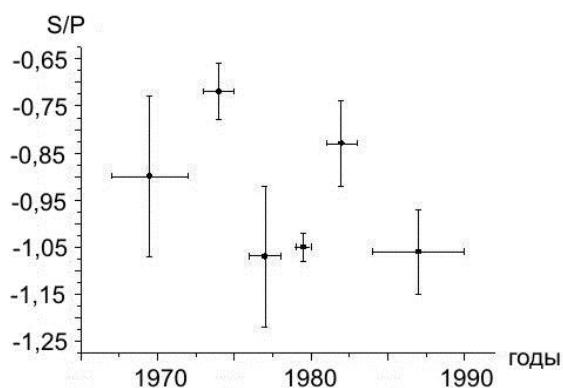
На рисунке 12 представлены записи двух ПЯВ, полученных станцией BRVK 27.01.1971 г. и 10.08.1978 г.

Видно, что через 7.5 лет после первого взрыва на записи резко уменьшился относительный уровень группы Sn, а также существенно увеличилась скорость затухания амплитуд в коде P-волны. Рисунок 13 иллюстрирует зависимость параметра Sn/Pn от времени. Из графика следует, что в целом величины Sn/Pn уменьшаются со временем, зависимость немонотонная. Выделяются эпизоды роста средних величин Sn/Pn в 1973 - 1975 и 1981 - 1983 гг. (соответственно до -0.72 и -0.83), сопровождающиеся интервалами их резкого падения в 1976 - 1978 и 1984 - 1990 гг. (до -1.07 и -1.06).



Верхняя запись – взрыв 27.01.1971 г., нижняя – взрыв 10.08.1978 г.
 Стрелка – момент вступления волн Pn и Sn.

Рисунок 12. Примеры записей ПЯВ на СИПНЗ. Станция BRVK, канал 1.25 Гц



Отрезки – средние значения и стандартные отклонения для ПЯВ (затитые значки) и землетрясений. Горизонтальные риски – интервалы времени осреднения данных.

Рисунок 13. Зависимость средних величин Sn/Pn от времени для СИПНЗ (по записям ПЯВ)

На рисунке 14 показаны общие огибающие P-коды в различные интервалы времени. Видно, что наклон огибающих также изменяется не монотонно: в 1973 - 1975 и 1981- 1983 гг. он резко уменьшился, а в остальных интервалах времени увеличился. Параметр C/P ($t_c=400$ с) в варьируется от -0.65 в 1973 - 1975 гг. до -1.36 в 1976 - 1980 гг.

Полученные данные свидетельствуют о существенном увеличении со временем поглощения S-волн на трассах от полигона до станций BRVK. Поскольку станция находится в слабосейсмичном районе, характеризующимся сравнительно слабым затуханием S-волн, то основные вариации поля поглощения должны приходиться на земную кору и верхи мантии в областях полигона [16].

Немонотонность изменения параметров поля поглощения в области СИПНЗ, вероятно, обусловлена очень большой энергией проводившихся здесь ПЯВ. Характерно, что самое резкое падение параметра Sn/Pn наблюдалось в 1976 - 1978 гг., сразу после окончания серии наиболее мощных взрывов. Очень большие вариации параметра C/P для района СИПНЗ (по сравнению с Sn/Pn), скорее всего, объяс-

няются тем, что флюиды поднимаются в основном в близких окрестностях полигона, в связи с чем сильнее изменяются динамические характеристики волн, более круто пересекающих кору и верхи мантии.

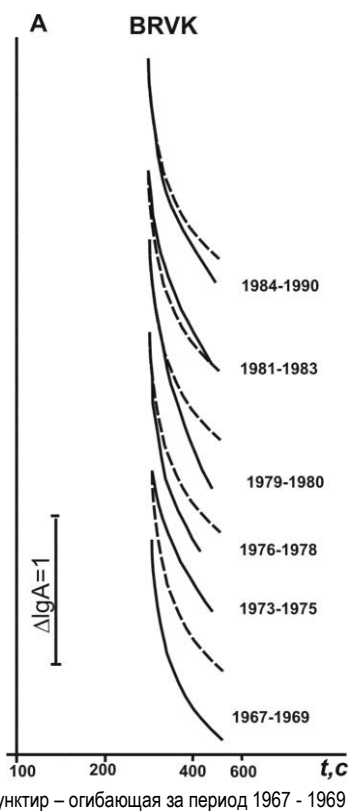


Рисунок 14. Общие огибающие P-коды для ПЯВ на СИПНЗ в разные интервалы времени [16]. Станция BRVK

Полученные данные в дополнение к [15, 19] дают новые свидетельства того, что длительное интенсивное техногенное воздействие способно приводить к изменению характеристик среды на достаточно больших глубинах в земной коре и верхней мантии. Следует заметить, что существование временных вариаций поля поглощения поперечных волн необходимо учитывать при работах по распознаванию ПЯВ и землетрясений.

РЕГИСТРАЦИЯ АТМОСФЕРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА ПОЛИГОНЕ НОВАЯ ЗЕМЛЯ МИКРОБАРОГРАФОМ

Инфразвуковой метод обнаружения ядерных взрывов в настоящее время является одним из четырех технологий мониторинга Международной системой мониторинга (МСМ), проводимого для контроля за несанкционированными ядерными испытаниями в рамках ДВЗЯИ. В СССР первые инфразвуковые станции появились в 1954 г., к моменту распада СССР сеть состояла из 25 инфразвуковых станций [13], 2 из которых находились на территории Казахстана - в г. Курчатова и в Обсерватории «Боровое». Создание инфразвуковой системы МСМ, состоящей из 60 станций, расположенных равномерно на всех

**ИЗУЧЕНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ И ИНФРАЗВУКОВЫХ ЗАПИСЕЙ СОБЫТИЙ
ИЗ РАЙОНА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА НОВАЯ ЗЕМЛЯ ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ СССР**

континентах, вызвала интерес у исследователей всего мира к характеристикам воздушных волн от разных типов источников [20].

В 1962 г. на территории сейсмической обсерватории Талгар был установлен стандартный микробарограф, с регистрацией на фотобумагу, который зарегистрировал несколько атмосферных ядерных взрывов произведенных на полигоне Новая Земля. В архиве КСЭ найдено 19 записей акустических сигналов от взрывов на полигоне Новая Земля, зарегистрированных станцией Талгар. В некоторых случаях запись атмосферного ядерного взрыва сейсмической станцией отсутствовала, но была регистрация акустической волны микробарографом. Эти записи микробарографа были собраны и оцифрованы. На рисунке 15 приведена аналоговая запись, оцифрованная запись и спектр ядерного взрыва 27 августа 1962 года, $t_0=09-00-50.9$, $\varphi=74.7^\circ$, $\lambda=50.3^\circ$, высота 3000 м, мощность $Y=4200$ кт.

В таблице 2 приведены параметры инфразвуковых сигналов атмосферных ядерных взрывов, произведенных на СИПНЗ и зарегистрированных станцией Талгар на эпицентральных расстояниях ~ 3600 км.

Для двух взрывов 18 декабря и 20 декабря 1962 г. по инфразвуковым сигналам было оценено время в очаге, которое отсутствовало в каталогах ядерных взрывов. Диапазон мощности взрывов, для которых найдены акустические сигналы, составил 8.3 кт - 25 Мт. Сигналы являются длиннопериодными, максимальный период составил 210 с, среднее время пробега до станции ~ 3 часа, 11 мин, скорость акустической волны составила $v_i=313\pm 4$ м/с. На рисунке 16 приведены зависимости максимальных амплитуд и периодов акустических сигналов атмосферных ядерных взрывов по данным станции Талгар от мощности взрывов, показывающая хорошую корреляцию.

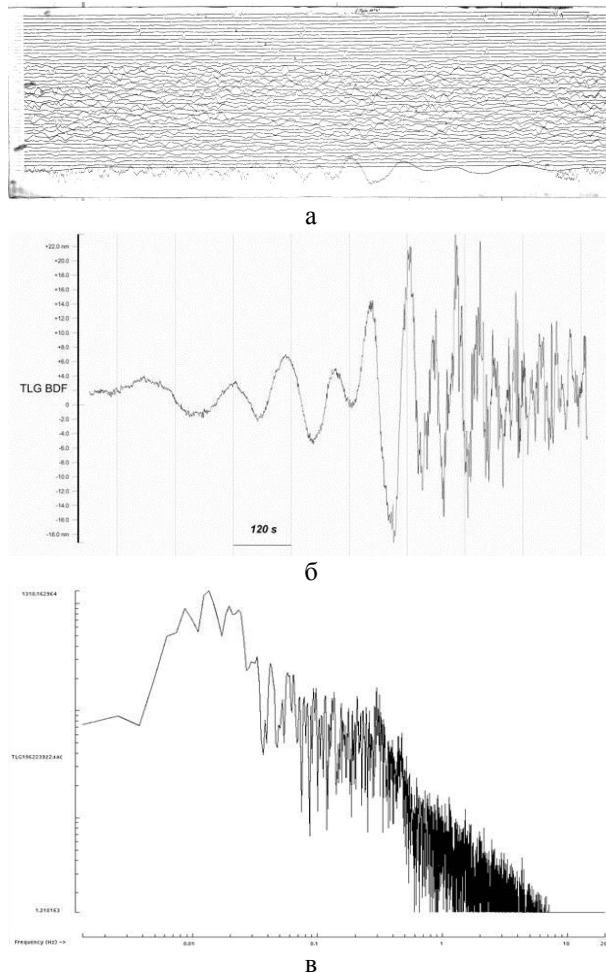


Рисунок 15. Запись микробарографом ядерного взрыва 27 августа 1962 года, $t_0=09-00-50.9$, $\varphi=74.7^\circ$, $\lambda=50.3^\circ$, высота 3000 м, мощность $Y=4200$ кт: а – аналоговая запись; б – оцифрованная запись; в – спектр. Станция TLG

Таблица 2. Параметры акустических сигналов атмосферных взрывов на полигоне Новая Земля, зарегистрированных станцией TLG

N	Дата			Время в очаге			Координаты		Высота	Y, kt	t (инфразвук)			T _{max}	A _{max}	T _(Amax)	V, км/с
	месяц	день	год	час	мин	сек	φ°	λ°			час	мин.	сек.				
1	8	5	1962	9	8	45,8	74.2	52.2	3600	21100	12	20	2,9	180	90	11,5	0,314
2	8	10	1962	9	0	0	73	55	1560	150-1500	12	13	3,3	70	8	46	0,311
3	8	20	1962	9	2	14,1	74.3	51.5	2500	2800	12	14	4,4	120	20	90	0,313
4	8	22	1962	9	0	4,2	74	53,3	1700	1600-9000	12	13	4,7	110	17	40	0,311
5	8	27	1962	9	0	50,9	74.7	50.3	3000	4200-14000	12	13	5,2	115	41	55	0,312
6	9	8	1962	10	17	57,7	73.7	53.8	1725	1900	13	26	6,3	170	71	52	0,319
7	9	15	1962	8	2	13,9	74.4	51.5		3100	11	15	6,8	125	47	40	0,311
8	9	16	1962	10	59	10,5	74.2	51.6		3250	14	10	6,9	138	55	50	0,314
9	9	18	1962	8	29	2,7	73.2	54.7	2000	1356	11	45	7	110	29	38	0,306
10	9	19	1962	11	0	56,4	73.8	53.8	3280	1500-10000	14	13	7,2	155	53	60	0,312
11	9	21	1962	8	0	0	73	55	3000	2400	11	13	7,2	120	47	45	0,311
12	9	25	1962	13	2	31,7	73.7	50.0	4090	19100-25000	16	10	7,5	200	95		0,320
13	9	27	1962	8	3	16,4	74.3	52.4	3900	15000-20000	11	9	7,8	210	85	90	0,323
14	18	12	1962	10	45	0	73.00	55.00	1600	110	13	57	5,7		11,5	4	0,312
15*	18	12	1962	11	11	0	73.00	55.00	1500	69	14	23	5,7		12	2	0,312
16*	20	12	1962	10	40	0	73.00	55.00	1070	8,3	13	52	5,7		9	6	0,312
17	24	12	1962	10	44	21,9	74.20	52.30	1320	1100	13	59	35,8		5	4	0,307
18	24	12	1962	11	11	42	73.60	57.50	3750	24200	14	20	0,8	44	14	10	0,319
19	25	12	1962	13	35	57,2	73.40	56.5	2250	3100	16	45	5,8	64	46	6	0,317

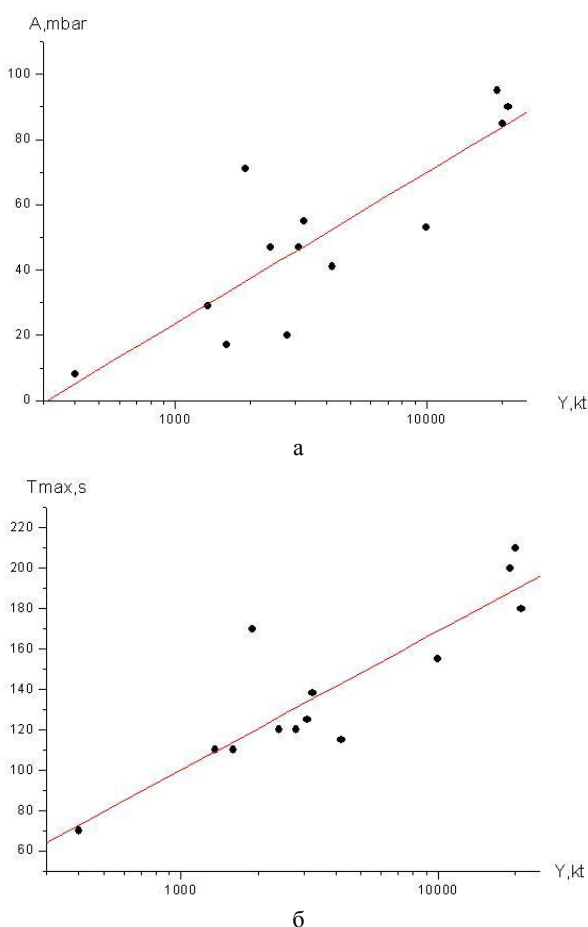


Рисунок 16. Зависимость максимальных амплитуд: (а) и периодов (б) акустических сигналов атмосферных ядерных взрывов по станции Талгар от мощности взрывов

Получены следующие уравнения регрессии:

$$A_{\max} = -115.49 + 46.36 * \lg(Y), R = 0.85$$

$$T_{\max} = -105.64 + 68.62 * (\lg(Y)), R = 0.88$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Khalturin, V.I. A Review of Nuclear Testing by the Soviet Union at Novaya Zemlya, 1955 - 1990 / V.I. Khalturin [et al.] // Science and Global Security, 2005. – V.13. – P. 1 - 42.
2. Mikhailov, V.N. USSR Nuclear weapons tests and peaceful nuclear explosions, 1949 through 1990 / ed. V.N. Mikhailov // RFNC-VNIIEF, 1996. - Sarov. – 96 p.
3. Дубасов, Ю.В. Ядерные взрывы в СССР. Северный испытательный полигон. Справочная публикация / Ю.В. Дубасов, А.М. Матущенко, В.Н. Михайлов (ред.). - Санкт-Петербург: Издательство радиового института им. Хлопина, 1999. - 163 с.
4. Логачев, В.А. Испытательный полигон на Новой Земле. Обеспечение общей и радиологической безопасности от ядерных испытаний. Факты, свидетельства, воспоминания / В.А. Логачев [и др.]. - М.: Изд. АТ, 2000. - 485 с.
5. Adushkin, V.V. The containment of Soviet underground nuclear explosions / V.V. Adushkin, W. Leith // U.S.Geological Survey Open File report 01-0312, 2002. – 52 p.
6. [Интернет ресурс] / Nuclear Tests--Databases and Other Material <http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/tests/index.html>.
7. Mikhailova, N.N. Present Status of the Network for Seismic Observation in Kazakhstan / N.N. Mikhailova., A.K. Kurskeev // Journal of earthquake prediction research, 1995. – V. 4, N 4. – P. 497 – 506.
8. Аранович, З.И. Основные типы сейсмометрических приборов / З.И. Аранович [и др.] // Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. - М.: Наука, 1974. – С. 43 – 117.
9. Берёзина, А.В. Архив аналоговых сейсмограмм Кыргызстана для задач мониторинга ядерных испытаний / А.В. Берёзина, Е.В. Першина, Е.Т. Вольхина / Вестник НЯЦ РК, 2013. – Вып.2. – С. 44-49.
10. NXSCAN. Manual. IRIS, 1992.

Результаты изучения параметров акустической волны от атмосферных ядерных взрывов можно использовать для решения различных задач современного мониторинга ядерных испытаний, таких как обнаружение, распознавание типа источника, а также оценка мощности взрыва.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сейсмограммы исторических ядерных взрывов и землетрясений на территории полигона Новая Земля были собраны и оцифрованы в Комплексной сейсмологической экспедиции ИФЗ РАН и в Институте геофизических исследований РК. Создана база данных записей событий на СИПНЗ на эпицентральных расстояниях от 1270 - 4390 км. В нее включены сейсмические записи воздушных, подземных ядерных взрывов, а также подводного ядерного испытания, проведенного в рамках учений “Коралл” и надводного ядерного взрыва. Кроме того собраны и проанализированы инфразвуковые записи волн от мощных воздушных ядерных взрывов, зарегистрированных микробарографом, установленным на сейсмической станции Талгар на расстояниях ~3600 км от полигона.

По оцифрованным записям событий полигона Новая Земля исследованы кинематические и динамические параметры записей ядерных взрывов, проведенных в разных средах (в воздухе, под водой и под землей), найдены характерные особенности волновой картины каждого класса событий, рассчитаны магнитуды m_b и MLV , что позволило дополнить недостающие параметры каталога ядерных взрывов на этом полигоне. Установлено, что на записях ПЯВ, произведенных на полигоне с конца 1960-х до 1990-х гг., существенно уменьшились средние величины S_n/P_n , а также увеличился наклон огибающих Р-коды. Предполагается, что обнаруженные эффекты связаны с миграцией глубинных флюидов в результате длительного интенсивного техногенного воздействия.

11. Anderson, J. Center for seismic studies. Version 3 Database: Schema reference manual / J. Anderson, W.E. Farell [et al.] // Technical Report C90-01. - Arlington, 1990.
12. Пасечник, И.П. Характеристика сейсмических волн при ядерных взрывах и землетрясениях / И.П. Пасечник. - М.: Наука, 1970. - 194 с.
13. Васильев, А.П. К истории возникновения инфразвукового метода обнаружения ядерных взрывов / А.П. Васильев // Вестник НЯЦ РК, 2004. - Вып. 2. - С. 42 - 47.
14. Адушкин, В.В. Ядерные взрывы на акватории губы Черной / В.В. Адушкин, Б.Д. Христофоров // Ядерные испытания в Арктике. - Институт стратегической стабильности Федеральное агентство по атомной энергии (Росатом).
15. Копничев, Ю.Ф. Пространственно-временные вариации структуры поля поглощения поперечных волн в районе Семипалатинского полигона / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Физика Земли, 2001. - № 11. - С. 73-86.
16. Копничев, Ю.Ф. Временные вариации поля поглощения короткопериодных S-волн в районе ядерных полигонов Новая Земля и Лобнор / Ю.Ф. Копничев, И.Н. Соколова // Вестник НЯЦ РК, 2012. - Вып. 2. - С. 96 - 100.
17. Копничев, Ю.Ф. О природе короткопериодных сейсмических полей на расстояниях до 3000 км / Ю.Ф. Копничев, А.Р. Аракелян // Вулканология и сейсмология, 1988. - № 4. - С. 77 - 92.
18. Koper K. Array analysis of regional-distance P-coda in South Asia / K. Koper, A. Fatehi // Bull. Seismol. Soc. Amer., 2009. - V. 99, N 4. - P. 2509 - 2522.
19. Kopnichev, Yu.F. Spatio-Temporal Variations in the Structure of the Attenuation Field of the S-Wave in the Region of Nevada Nuclear Test Site / Yu.F. Kopnichev, I.N. Sokolova, K.N. Sokolov // Izvestiya, Physics of the Solid Earth, 2013. - Vol. 49, No. 6. - P. 786 -795.
20. Кедров, О.К. Сейсмические методы контроля ядерных испытаний / О.К. Кедров. - М.: ИФЗ РАН, 2005. - 420 с.

**КСРО СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША НОВАЯ ЗЕМЛЯ СЫНАУ ПОЛИГОНЫ
АУДАНЫНАН ОҚИҒАЛАРДЫҢ ТАРИХИ СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ИНФРАДЫБЫСТЫҚ
ЖАЗБАЛАРЫН ЗЕРДЕЛЕУ**

Соколова И.Н.

Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Новая Земля сынау полигонында жүргізілген және бұрын болған КСРО-ның аналогты және цифрлық станцияларымен 1300-4400 км. қашықтықта тіркелген 55 ядролық жарылыстардың жазбаларын зерделеу нәтижелері бойынша аудағы, су бетіндегі, су астындағы, жер астындағы ядролық жарылыстардың толқындық көріністерінің сипатты ерекшеліктері келтірілген. Әр орталарда жүргізілген ядролық жарылыстарды және жерсілкінулерді тану үшін маңызды нышандары сипатталған. Әр орталарда жүргізілген ядролық жарылыстарды және жерсілкінулерді тану үшін маңызды нышандары сипатталған. Әр түрлі орталардағы жарылыстардың қуаттылығынан сигналдар магнитудасының байланысы белгіленген.

**STUDY OF HISTORICAL SEISMIC AND INFRASOUND RECORDS OF EVENTS FROM THE REGION
OF THE NOVAYA ZEMLYA TEST SITE BASED ON USSR STATIONS DATA**

I.N. Sokolova

Institute of Geophysical Research Kurchatov, Kazakhstan

The paper provides characteristic features of wave pattern of atmospheric, above-water, underwater, underground nuclear explosions based on the results of study of records of 55 nuclear explosions carried out at Novaya Zemlya test site and recorded by analog and digital stations in the former USSR at the distance of 1300 – 4400 km. Signs important for recognition of nuclear explosions carried out in various environment and earthquakes are described. Dependence of signals magnitude on the explosions' yield in various environments has been established.