

БИБЛИОТЕКА

СТАТЬИ

Статьи в открытом доступе

ЖУРНАЛЫ

Кибернетика и программирование

Современное образование

Юридические исследования

Философская мысль

Социодинамика

Психолог

Человек и культура

Вопросы безопасности

Genesis: исторические исследования

Международное право

NB: Административное право и практика администрирования

Litera

Полицейская и следственная деятельность

Мировая политика

Финансы и управление

Теоретическая и прикладная экономика

Право и политика

Налоги и налогообложение

Политика и Общество

Философия и культура



Статья опубликована с лицензией [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License \(CC BY-NC 4.0\)](#) – Лицензия «С указанием авторства – Некоммерческая».

[Вернуться к содержанию](#)

Кибернетика и программирование

Правильная ссылка на статью:

Чикрин Д.Е., Егорчев А.А., Бриский Д.В., Закиров Р.И. — Методы получения и обработки данных от связки скважинных модулей, полученных методом вертикального сейсмического профилирования в программном обеспечении управления комплексом приема сейсмических сигналов в скважине // Кибернетика и программирование. – 2018. – № 6. – С. 1 - 10. DOI: 10.25136/2306-4196.2018.6.28091 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=28091

Методы получения и обработки данных от связки скважинных модулей, полученных методом вертикального сейсмического профилирования в программном обеспечении управления комплексом приема сейсмических сигналов в скважине

Чикрин Дмитрий Евгеньевич

кандидат технических наук

доцент, Кафедра радиофизики, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) Федеральный Университет

420008, Россия, республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлёвская, 18

Chickrin Dmitry Evgenevich

PhD in Technical Science

Associate Professor, Department of Radiophysics, Kazan (Volga Region) Federal University

420008, Russia, respublika Tatarstan, g. Kazan', ul. Kremlevskaya, 18

✉ dmitry.kfu@gmail.com

Егорчев Антон Александрович

младший научный сотрудник, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Кафедра радиофизики

420008, Россия, республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлёвская, 18

Egorchev Anton Alexandrovich

Junior Researcher, Kazan (Volga Region) Federal University, Department of Radio Physics

420008, Russia, respublika Tatarstan, g. Kazan', ul. Kremlevskaya, 18

✉ alin.sitnikova.@yandex.ru

Бриский Дмитрий Владимирович

инженер, Институт физики, НИЛ "Перспективные системы ориентации, навигации, связи"; Казанский Федеральный Университет

420008, Россия, республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлёвская, 18

Briskiy Dmitry Vladimirovich

Engineer, Institute of Physics, Research Laboratory "Perspective Systems of Orientation, Navigation, Communication"; Kazan Federal University

420008, Russia, respublika Tatarstan, g. Kazan', ul. Kremlevskaya, 18

✉ briskiydmitry@mail.ru



Закиров Ришат Ильдусович

ведущий инженер, Институт физики, НИЛ "Перспективные системы ориентации, навигации, связи";
Казанский Федеральный Университет

420008, Россия, республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлёвская, 18

Zakirov Rishat Ildusovich

Lead Engineer, Institute of Physics, Research Laboratory "Perspective Systems of Orientation, Navigation,
Communication"; Kazan Federal University

420008, Russia, respublika Tatarstan, g. Kazan', ul. Kremlevskaya, 18

✉ zakir0v.rishat@mail.ru



Административное и муниципальное право

Психология и Психотехника

Национальная безопасность / nota bene

Международное право и международные организации / International Law and International Organizations

Исторический журнал: научные исследования

Культура и искусство

Филология: научные исследования

Педагогика и просвещение

Полицейская деятельность

Международные отношения

Программные системы и вычислительные методы

Тренды и управление

SENTENTIA. European Journal of Humanities and Social Sciences

Финансовое право и управление

Урбанистика

PHILHARMONICA. International Music Journal

Конфликтология / nota bene

Сельское хозяйство

Исследования космоса

Машиностроение

Экологические исследования

Геолог

Биологические исследования

Химические процессы

Продовольственные технологии

DOI:

10.25136/2306-4196.2018.6.28091

Дата направления статьи в редакцию:

22-11-2018

Дата публикации:

29-11-2018

Аннотация.

Объектом исследования в данной статье является система приема сейсмических сигналов в скважине, осуществляемая методом вертикального сейсмического профилирования. Предметом исследования являются методы обработки данных от связи скважинных модулей, полученных методом вертикального сейсмического профилирования в программном обеспечении управления и контроля аппаратно-методического комплексом приема сейсмических сигналов в скважине. Авторы подробно рассматривают такие аспекты темы как сложность и быстродействие алгоритмов обработки сейсмоданных, полученных от скважинных и наземных модулей. Авторами в данной статье используются следующие научные методы, а именно: взаимной корреляции во временной и частотной областях. Новизной результатов являются выводы, что в рассматриваемом комплексе корреляция в спектральной области обеспечивает выигрыш по числу операций над корреляцией во временной области. Расчет во временной области дает более точный результат, так как преобразование Фурье на конечной выборке дает искажения даже при использовании оконных функций. Для получения коррелограммы одинаковой длины в методе расчёта во временной области требуется регистрация и обработка большего объема данных, чем при использовании метода расчета в спектральной области.

Ключевые слова: аппаратно-методический комплекс, вертикальное сейсмическое профилирование, временная область, частотная область, геофизические системы данных, многоволновая сейсморазведка, скважинные модули, сейсмические записи, вибрационная сейсморазведка, сейсмические сигналы

Abstract.

The object of research in this article is a system for receiving seismic signals in a well, carried out by the method of vertical seismic profiling. The subject of the research is data processing methods from a bunch of downhole modules obtained by vertical seismic profiling in software for controlling and controlling a hardware-methodical complex for receiving seismic signals in a well. The authors consider in detail such aspects of the topic as the complexity and speed of seismic data processing algorithms obtained from borehole and surface modules. The authors use the following scientific methods, namely: mutual correlation in the time and frequency domains. The novelty of the results are the conclusions that in the considered complex the correlation in the spectral region provides a gain in the number of operations on the correlation in the time domain. The calculation in the time domain gives a more accurate result, since the Fourier transform on the final sample gives distortions even when using window functions. To obtain a correlogram of the same length in the calculation method in the time domain, it is necessary to register and process a larger amount of data than when using the calculation method in the spectral domain.

Keywords:

well modules, multi-wave seismic, geophysical data systems, frequency domain, time domain, vertical seismic profiling, hardware-methodical complex, seismic records, vibration seismic, seismic signals

1. ВВЕДЕНИЕ

Сейсмическая разведка является ведущим методом геофизических исследований. Лидирующее положение метода в разведочной геофизике обусловлено его большой глубиной при высокой детальности исследований. Сейсмическая разведка (сейсморазведка) включает в себя комплекс методов исследований геологического строения земной коры, основанных на изучении особенностей распространения в ней искусственно возбужденных упругих

волн. Сейсмические волны создаются в геологической среде с помощью взрыва в скважинах, либо с помощью специальных устройств невзрывного типа, которые воздействуют на поверхность земли в импульсном или вибрационном режиме.

Вертикальное сейсмическое профилирование является одним из методов скважинной сейсморазведки, в основе которого лежит изучение особенностей волнового поля во внутренних точках среды применительно к решению целого ряда задач по геологическому строению в зоне, близлежащей к каротируемой скважине. Актуальность и основное преимущество данного метода заключаются в том, что данные вертикального сейсмического профилирования существенно расширяют информационную представительность об особенностях геологического строения и физических свойств среды не только по стволу скважины, но и в околоскважинном пространстве. Сейсмические наблюдения в скважинах методом вертикального сейсмического профилирования особенно востребованы на стадии доразведки, разведки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений [5].

Для осуществления вертикального сейсмического профилирования необходим аппаратно-методический комплекс приема сейсмических сигналов в скважине. Приведем краткие сведения о существующих решениях.

Аппаратно-методический комплекс скважинной сейсморазведки АМЦ-ВСП-3-48М разработан и производится в России. Данный комплекс предназначен для высокочувствительной трехкомпонентной скважинной сейсморазведки в обсаженных и необсаженных скважинах [2]. В состав данного комплекса входят цифровой сейсмический многомодульный зонд, комплект наземного оборудования и технологическое программное обеспечение. Цифровой сейсмический многомодульный зонд состоит из идентичных скважинных приемных модулей, межмодульных кабельных соединителей, модуля-ретранслятора. Комплект наземного оборудования состоит из компьютера, программно-управляемого блока питания скважинного зонда, интерфейсного блока. Программное обеспечение включает автоматическое тестирование комплекса, препроцессинг и контроль качества получаемых данных, документирование хода проведения работ. Основные возможности и преимущества АМЦ-ВСП-3-48М:

1. Работа в режимах различных модификаций скважинной сейсморазведки.
2. Синхронная работа с наземной сейсморазведкой, межскважинная сейсмотомография.
3. Возможность высокочастотных измерений для решения задач инженерной геологии.
4. Отсутствие влияния промышленных сетевых помех.
5. Минимальное влияние резонанса системы "прибор-стенка скважины" на регистрируемые сейсмические колебания.

Работа аппаратного комплекса осуществляется под управлением бортовой программы, которая обеспечивает выполнение следующих основных технологических операций:

1. Установка и просмотр исходных технологических параметров комплекса. Их корректировка в процессе работы.
2. Управление электропитанием скважинных модулей.
3. Тестирование и контроль работы скважинных модулей.
4. Управление механическими прижимными скважинных модулей.
5. Взаимодействие с сейсмическими источниками инициализации возбуждения и регистрации, прием данных, визуальный контроль и запись на жесткий диск.
6. Экспресс-анализ зарегистрированных данных.

Сейсмостанция Прогресс-МЛ предназначена для выполнения следующих видов сейсморазведочных работ: прямой и обращенный микросейсмокартаж (МСК); ВСП при подключении аналоговых зондов; ВСП при подключении цифровых зондов; МПВ с любым источником возбуждения. Прогресс-МЛ является малоканальной сейсмостанцией линейного типа, основным назначением которой является выполнение работ при исследовании зоны малых скоростей и выполнения работ ВСП с использованием различных типов импульсных и вибрационных источников возбуждения сейсмических колебаний.

Отличительные особенности сейсмостанции Прогресс-ЛМ:

1. Соответствие технических параметров канала записи и воспроизведения современным требованиям к сейсморазведочной аппаратуре.
2. Широкий частотный диапазон регистрируемых сейсмических сигналов.
3. Интегрированные в систему программные средства, позволяющие выполнять в поле обработку данных.
4. Возможность работы с источниками взрывного и невзрывного типов.
5. Малая мощность потребления в расчете на один канал.
6. Наличие широкого набора средств тестирования аппаратуры сейсмостанции и сейсмокоды.

2. ЦЕЛЕВЫЕ ЗАДАЧИ

В рамках темы работы были решены следующие задачи:

- 1) Исследование существующих аппаратно-программных систем сейсморазведки, направленных на вертикальное сейсмическое профилирование;
- 2) Создание программного обеспечения оператора для аппаратно-методического комплекса приема сейсмических сигналов в скважине для осуществления вертикального сейсмического профилирования;
- 3) Применение методов обработки данных скважинных модулей и модулей наземной регистрации разработанного АВСП, их испытания и получение количественных характеристик их работы в программном обеспечении на АРМ оператора.

3. ЭЛЕМЕНТЫ И СТРУКТУРА РАЗРАБОТАННОГО АВСП

АВСП - аппаратно-методический комплекс приема сейсмических сигналов в скважине для осуществления вертикального сейсмического профилирования, межскважинного просвечивания и контроля за гидроразрывом пласта. Получаемые АВСП комплексом данные имеют ценность для сейсморазведки на этапах разведки и доразведки месторождений, они также могут иметь самостоятельное значение при разработке и эксплуатации различных видов залежей. Позволяет регистрировать несколько компонент сейсмического волнового поля. Для возбуждения сейсмической волны используются несколько типов источников.

Для работы с подобными данными необходимо понятное ПО оператора, которое должно предоставлять весь необходимый функционал для работы с комплексом, а также обработку, отображение и хранение данных, приходящих от модулей. Также ПО должно обеспечивать качественную передачу данных, без потерь, с возможностью восстановления битых пакетов.

Аппаратный комплекс состоит из:

- скважинной связки с количеством модулей, достигающим до 40 шт.;
- скважинный транслятор и блок управления данными скважинных модулей;
- блока приема и управления данными наземных модулей;
- блока синхронизации;
- наземных модулей;
- нескольких блоков питания (в том числе управляемый блок питания).

На рисунке 1 представлена система спуска-подъема (БСП), с помощью которого скважинные модули опускаются в скважину.

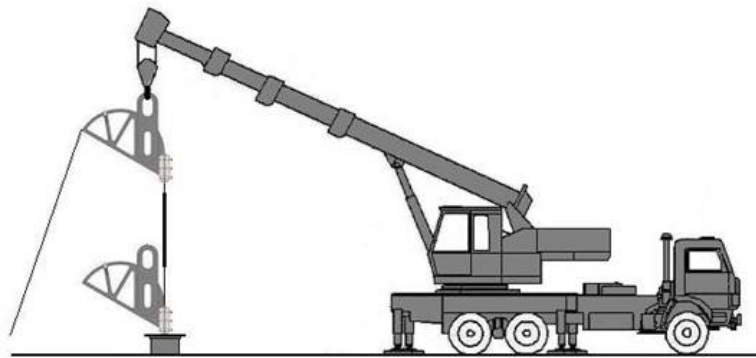


Рисунок 1 - Проведение операции спуска-подъёма с использованием специального приспособления

На рисунке 2 представлена общая схема разработанного комплекса АВСП. Двусторонними стрелками показана передача информации при взаимодействии составных частей в обе стороны.





Рисунок 2 - Общая схема комплекса АВСП

4. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИСХОДНЫХ СИГНАЛОВ И ИХ СРАВНЕНИЕ

Вибрационная сейсморазведка отличается от сейсморазведки с применением импульсных источников, не только типом применяемых источников и спецификой методики полевых работ, но и обработкой данных. Длительное воздействие на геологическую среду вибрационного источника приводит к образованию сложного неразрешенного волнового поля, которые регистрируются на полевых записях – виброграммах. Виброграмма представляет в данном случае интерференционное наложение сигналов, отраженных и преломленных от границ в среде, и практически не читаема, выделить на ней отдельные сигналы и определить положение границ невозможно [4]. Обработка сейсмических данных имеет ключевое значение перед интерпретацией результатов оператором комплекса скважинной сейсморазведки.

Одним из первых этапов в обработке данных сейсмического вибратора является взаимная корреляция записанных данных с сигналом развертки. Корреляционные функции в вибрационной сейсморазведке имеют основополагающее значение, потому что именно они преобразуют данные исходные виброграмм в данные, пригодные для получения информации о разведываемых границах раздела и строении подземных толщ [9]. Процедура корреляции виброграммы с опорным управляющим сигналом применяется для представления виброграмм в виде последовательности коротких импульсов. При корреляции энергия вибрационных колебаний концентрируется на временах вступления волн, образуя коррелограмму, аналогичную по структуре данных взрывной сейсморазведке, то есть при импульсном возбуждении колебаний [2].

Вычисление корреляционных функций возможно реализовать на основе временных или спектральных преобразований. Взаимнокорреляционная функция является стандартным методом оценки степени корреляции двух последовательностей и находит частое применение в обработке сигналов для распознавания отражений в условиях помех. Функция взаимной корреляции взаимосвязана со сверткой, их связь показана в формуле (1), где \star – взаимная корреляция, $*$ – комплексное сопряжение, $*$ – операция свертки [10].

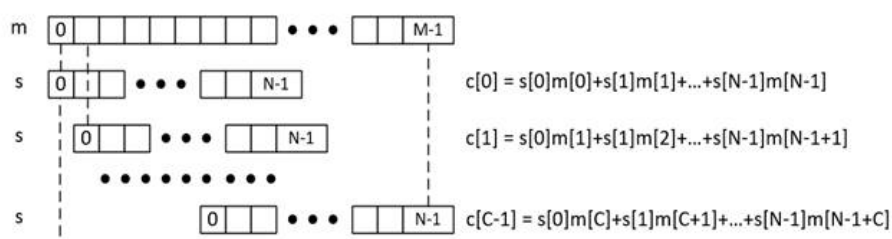
$$f(t) \star g(t) = f^*(-t) * g(t) \quad (1)$$

Стандартная процедура взаимной корреляции при обработке записей вибрационной сейсмической разведки изначально проводилась во временной области [2]. Данный метод проведения вычислений предполагает запись опорного сигнала за время $t_{\text{свип}}$ и запись виброграмм с модулей регистрации за время $t_{\text{записи}}$, причем $t_{\text{записи}} > t_{\text{свип}}$. Таким образом длина результирующего вектора расчетов будет составлять разницу времени виброграмм и времени записи опорного сигнала $t_{\text{корреляции}} = t_{\text{записи}} - t_{\text{свип}}$.

Обозначим c – вектор коррелограммы с числом отсчетов C , c является результатом вычислений; s – вектор опорного сигнала длиной N , m – вектор значений с одного канала скважинного модуля или наземного длиной M . Зависимость между векторами c , s и m определяется формулой (2).

$$c(n) = \sum_{i=0}^{N-1} s_i \cdot m_{n+i}, \text{ где } n = 0 \dots M - N - 1. \quad (2)$$

Для наглядности процесс взаимной корреляции схематично представлен на рисунке 3. Взаимная корреляция представляет собой вычисление при каждом шаге n по вектору виброграммы суммы поэлементных произведений отсчетов виброграммы m_{n+i} и опорного сигнала s_i . При этом сумма вычисляется по длине опорного сигнала N . Когда начало опорного сигнала и виброграммы совпадают, вычисляется первое значение коррелограммы. Затем вектор опорного сигнала передвигается относительно фиксированного положения виброграммы на один отсчет, вычисляется сумма поэлементных произведений, то есть второе значение коррелограммы. Далее вектор опорного сигнала передвигается еще на один отсчет и вычисления повторяются. Процесс повторяется пока последний отсчет опорного сигнала не совпадет с последним отсчетом виброграммы. На рисунке 3 представлен результат вычислений автокорреляции опорного сигнала в виде графика.



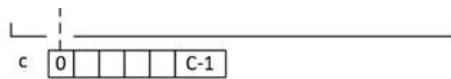


Рисунок 3 - Схематическое представление процедуры взаимной корреляции во временной области.

Для реализации взаимной корреляции в спектральной области используется основное свойство сверточных моделей – свертка во временной области эквивалентна поэлементному перемножению комплексных спектров [3]. Данное свойство описано в формуле (3), где \mathcal{F} – преобразование Фурье, \star – взаимная корреляция, $*$ – комплексное сопряжение.

$$\mathcal{F}[f \star g] = (\mathcal{F}[f])^* \cdot (\mathcal{F}[g]) \quad (3)$$

Алгоритм расчета представлен в виде блок-схемы на рисунке 4. После регистрации данных опорного сигнала и виброграмм, производится быстрое преобразование Фурье отдельно над каждым вектором значений. На следующем этапе вычисляется комплексное сопряжение вектора виброграммы. Далее в блоке П, показанного на рисунке 4, производится поэлементное умножение спектра опорного сигнала и комплексно-сопряженного спектра виброграммы. В результате данного этапа получается комплексный спектр коррелограммы. На последнем этапе вычисляется обратное Фурье-преобразование над результатом умножения, то есть коррелограмма из частотной области переводится во временную.

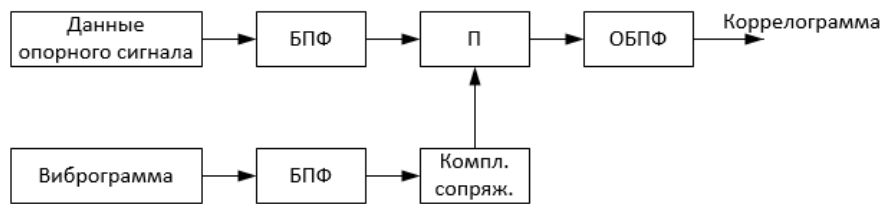


Рисунок 4 - Блок-схема взаимной корреляции в спектральной области.

Нежелательным побочным результатом применения данного метода взаимной корреляции является присутствие боковых лепестков в образующей короткой волне [1]. Данное явление обуславливается конечностью времени записи сигнала. Преобразование Фурье над конечной записью равносильно преобразованию над бесконечной записью с применением прямоугольного окна. Это приводит к уширению спектра и появлению медленно убывающих боковых лепестков в спектре. Выбором другой, не прямоугольной, функции окна можно добиться значительного понижения уровня боковых лепестков, и тем самым повысить контрастность спектра. Стоит также отметить, что применение любых функций окна, кроме прямоугольного, приводит к некоторому увеличению ширины главного лепестка [10]. Для минимизации эффекта боковых лепестков в вычислениях при преобразовании данных в частотную область используется оконная функция Хемминга. На рисунке 5 представлены результаты взаимной автокорреляции опорного сигнала с использованием окна Хемминга и прямоугольного окна.

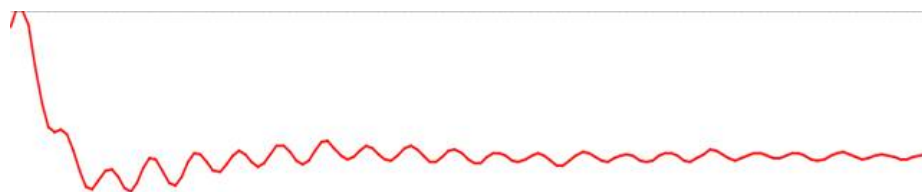
При вычислении быстрого преобразования Фурье для вектора длиной N отсчетов необходимо $O(N \cdot \log(N))$ арифметических операций. Операция быстрого преобразования Фурье производится над двумя векторами – опорного сигнала и виброграммы. Обратное преобразование Фурье аналогично по сложности с прямым. Таким образом сложность для вычисления функции взаимной корреляции потребуются $O(3 \cdot N \cdot \log(N))$. На вычисления во временной области требуется $2CN$ операций. Выигрыш в числе операций при реализации метода вычислений через быстрое преобразование Фурье имеет место при условии указанном в формуле (4). В вибросейсмической разведке это соотношение выполняется, так как типичные значения $N = 2000 \div 20000$, а $C = 1000 \div 10000$. При $N_{ср} = 9000$ и $C_{ср} = 4500$ выигрыш составит ~ 230 .

$$\eta = \frac{2 \cdot C \cdot N}{3 \cdot N \cdot \log N} > 1, \text{ т.е. } C > 1.5 \cdot \log N \quad (4)$$

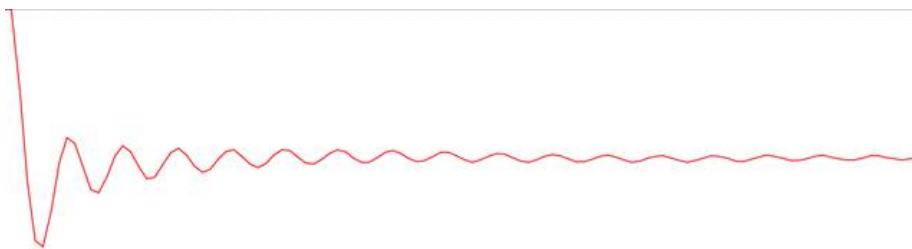
а



б



в



г



Рисунок 5 - Часть исходного опорного свип-сигнала (а), результаты автокорреляции опорного сигнала: взаимная корреляция во временной области (б), взаимная корреляция в частотной области с прямоугольным окном (в), взаимная корреляция в частотной области с окном Хемминга (г).

Замерим время выполнения вычисления взаимнокорреляционной функции по двум вышеописанным методам расчета – во временной и частотной областях. Результаты приведены в таблице 1, длина вектора виброграммы бралась равной 5000, 10000 и 20000 отсчетов. В результате вычислений во временной области получалась корреллограмма, вектор которой составлял 2000, 5000 и 5000 отсчетов соответственно. Это означает, что опорный сигнал составлял 3000, 5000 и 15000 отсчетов. В расчетах во временной области наблюдается рост времени с увеличением длины виброграммы (числа операций). В расчетах в частотной области наблюдаемый рост времени вычисления значительно ниже, что соответствует тому, что при увеличении длины вектора виброграммы (времени записи) выигрыш взаимной корреляции в частотной области над расчетами во временной области становится более значительным.

Таблица 1 - Количественные характеристики работы методов

Количество отсчетов		Время выполнения взаимной корреляции [мс]	
виброграмма	корреллограмма	во временной области	в частотной области
20000	5000	~150	~10
10000	5000	~50	~5
5000	2000	~20	~3

5. ВЫВОДЫ

Корреляция в спектральной области обеспечивает выигрыш по числу операций над корреляцией во временной области за счет использования менее вычислительно затратных алгоритмов быстрого преобразования Фурье. Расчет во временной области дает более точный результат, так как преобразование Фурье на конечной выборке дает искажения даже при использовании оконных функций. Для получения корреллограммы одинаковой длины в методе расчёта во временной области требуется регистрация и обработка большего объема данных, чем при использовании метода расчета в спектральной области.

Реализация взаимной корреляции в спектральной области в полевой аппаратуре ранее была затруднена из-за недостаточной вычислительной мощности и малого количества памяти. Поэтому большинство первых экспресс-корреляторов строились на вычислениях во временной области. В текущем положении аппаратная часть вычислительных устройств при проведении полевых работ не только позволяет выполнять обработку в спектральной области, но и, как видно по результатам, за более короткое время вычислений предоставляет качественный результат при использовании оконных функций.

Взаимная корреляция является стандартным и основным методом первичной обработки сейсмических записей при вибрационном воздействии. В дальнейшем предполагается использовать способы повышения качества исходных данных, такие как весовая корреляция [8] и процедура деконвульсии, обратная фильтрация [6]. Эти методы позволяют повысить разрешенность сейсмических записей при обработке материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 02.G25.31.0131).

Библиография

1. Вертикальное сейсмическое профилирование нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / А.С. Баянов, В.П. Меркулов, Д.Ю. Степанов. □ Томск: Изд-во ТПУ, 2009. □ 100 с.
2. Коротков И.П. Особенности обработки данных многоволновой сейсморазведки. И.П. Коротков, В.М. Кузнецов, Г.А. Шехтман, А.В. Череповский. □ Технологии сейсморазведки, № 2, 2014, с. 51– 69.

3. Вибрационная сейсморазведка / М.Б. Шнеерсон, О.А. Потапов, В 41 В.А. Гродзенский и др.; Под ред. М.Б. Шнеерсона. — М.: Недра, 1990.-240 е.: ил. ISBN 5-247-00595-3.
4. Jiada Lan. The application of vibroseis nonlinear sweep in high resolution seismic acquisition [Журнал] // Geophysical prospecting.-2008 г.-Т. 47 (2).-стр. 208-211.
5. Чжао С.-Ч. Применение технологии адаптивной вибрационной сейсморазведки для получения широкополосных сейсмических данных / Чжао Сянь-Чжэн, Ван Си-шун, Чжан Жуй-фэн, Тан Чуань-чжан, Жуков А. П. [Журнал] // Технологии сейсморазведки.-2015.-№4.
6. Brittle K.F., Lines L.R., and Dey A.K. Vibroseis deconvolution: a comparison of cross-correlation and frequency domain sweep deconvolution. Geophysical Prospecting 49, 2001. 675-686.
7. Кузнецов В.М., Шехтман Г.А., Попов В.В., Рыжков В.И. Обработка и интерпретация данных вертикального сейсмического профилирования в специализированной системе 3C-Interact // Приборы и системы разведочной геофизики. 2011. № 4. С. 17 – 21.
8. Шехтман Г.А., Коротков И.П. Этапы и тенденции развития многоволновой сейсморазведки // Технологии сейсморазведки. 2012. № 4. С. 5 – 14.
9. Гайнанов В.Г. Г14 Сейсморазведка. Учебное пособие. – М.: МГУ, 2006.– 149 с., 80 ил.
10. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. / Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 203. – 608 с.

References (transliterated)

1. Vertikal'noe seismicheskoe profilirovanie neftyanykh i gazovykh skvazhin: uchebnoe posobie / A.S. Bayanov, V.P. Merkulov, D.Yu. Stepanov. □ Tomsk: Izd-vo TPU, 2009. □ 100 s.
2. Korotkov I.P. Osobennosti obrabotki dannykh mnogovolnnoi seismorazvedki. I.P. Korotkov, V.M. Kuznetsov, G.A. Shekhtman, A.V. Cherepovskii. □ Tekhnologii seismorazvedki, № 2, 2014, s. 51– 69.
3. Vibratsionnaya seismorazvedka / M.B. Shneerson, O.A. Potapov, V 41 V.A. Grodzenskii i dr.; Pod red. M.B. Shneersona. — М.: Nedra, 1990.-240 е.: ил. ISBN 5-247-00595-3.
4. Jiada Lan. The application of vibroseis nonlinear sweep in high resolution seismic acquisition [Zhurnal] // Geophysical prospecting.-2008 г.-Т. 47 (2).-str. 208-211.
5. Chzhao S.-Ch. Primenenie tekhnologii adaptivnoi vibratsionnoi seismorazvedki dlya polucheniya shirokopolosnykh seismicheskikh dannykh / Chzhao Syan'-Chzhen, Van Si-shuan, Chzhan Zhui-fen, Tan Chuan'-chzhan, Zhukov A. P. [Zhurnal] // Tekhnologii seismorazvedki.-2015.-№4.
6. Brittle K.F., Lines L.R., and Dey A.K. Vibroseis deconvolution: a comparison of cross-correlation and frequency domain sweep deconvolution. Geophysical Prospecting 49, 2001. 675-686.
7. Kuznetsov V.M., Shekhtman G.A., Popov V.V., Ryzhkov V.I. Obrabotka i interpretatsiya dannykh vertikal'nogo seismicheskogo profilirovaniya v spetsializirovannoi sisteme 3C-Interact // Pribory i sistemy razvedochnoi geofiziki. 2011. № 4. S. 17 – 21.
8. Shekhtman G.A., Korotkov I.P. Etapy i tendentsii razvitiya mnogovolnnoi seismorazvedki // Tekhnologii seismorazvedki. 2012. № 4. S. 5 – 14.
9. Gainanov V.G. G14 Seismorazvedka. Uchebnoe posobie. – М.: MGU, 2006.– 149 с., 80 ил.
10. Sergienko A.B. Tsifrovaya obrabotka signalov. / Uchebnik dlya vuzov. – SPb.: Piter, 203. – 608 s.

Издательство

О нас
 Наши реквизиты
 Наши партнеры
 Контактная информация

Политика
 конфиденциальности



Авторам

Договоры
 Политика авторских прав и лицензий
 Авторская зона

Услуги

Институт
 рецензирования

Разное

Как написать статью?
 Журналы в перечне ВАК
 Мобильное приложение
 Вопрос - ответ

Наши сайты

Auroga group
 s.r.o.

© 1998 – 2019 Nota Bene. Publishing Technologies. NB-Media Ltd.



Журнал позволяет авторам сохранять без каких-либо ограничений авторские права. Все авторы автоматически приобретают авторские права на свои произведения в момент их создания. Авторские права защищены действующим законодательством Российской Федерации.

Тип лицензии, поддерживаемый журналами издательства: Attribution- NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) – Лицензия «С указанием авторства – Некоммерческая».

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства в некоммерческих целях в соответствии с условиями Лицензии «С указанием авторства – Некоммерческая» (Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License).

Вы вправе свободно:

Делиться (обмениваться) — копировать и распространять материал на любом носителе и в любом формате.

Адаптировать (создавать производные материалы) — делать ремиксы, видоизменять, и создавать новое, опираясь на этот материал. Лицензиар не вправе аннулировать эти свободы пока вы выполняете условия лицензии.

Указанные выше права реализуются при соблюдении следующих условий:

Атрибуция — вы должны обеспечить соответствующее указание авторства, предоставить ссылку на лицензию и указать, были ли внесены изменения в произведение. Вы можете делать это любым разумным способом, но не таким, который подразумевал бы, что лицензиар одобряет вас или ваш способ использования произведения.

Некоммерческий — вы не можете использовать материал в коммерческих целях.

Никаких дополнительных ограничений — вы не вправе применять юридические ограничения или технологические меры, создающие другим юридические препятствия в реализации тех действий, что разрешены лицензией.