

1. Тип и форматы сейсмических данных системы

<i>Тип данных</i>	<i>Входной формат</i>	<i>Внутренний формат</i>
Сейсмограммы	SegD, SegY, СЦС-3	Регулярная сетка (.Sgr)
Разрезы	SegY, СЦС-3	Регулярная сетка (.Sgr)
Топография профилей	Текстовая таблица (имя профиля, XY пикетов на профилях), SegY, Serfer (bln)	Нерегулярная сетка (.Pnt)
Топография скважин	Текстовая таблица (номер скважины, XY устья или пластопересечения), Las файлы	Нерегулярная сетка (.Pnt)
Карты	Serfer (grd)	Регулярная сетка (.Sgr)
Параметры по площади в точках XY	Текстовая таблица (X,Y,Par1,Par2,...) Serfer (dat)	Нерегулярная сетка (.Pnt)
Сейсмокартаж	Las файлы, текстовые таблицы	Регулярная сетка (.Sgr) Нерегулярная сетка (.Pnt)
Каротаж	Las файлы	Регулярная сетка (.Sgr) Нерегулярная сетка (.Pnt)
Сейсмологические наблюдения	Формат Алтая–Саянской опытно-методической сейсмологической экспедиции СО РАН	Регулярная сетка (.Sgr)
Томограммы		Регулярная сетка (.Sgr)

Все задачи решаются во внутренних форматах системы. Внутренние форматы на любом этапе решения задач отображаются в многооконном графическом интерфейсе системы.

2. Обработка

2.1. Операции с сейсмограммами 2D и 3D

- 2.1.1. Конвертация сейсмограмм из форматов SegY, SegD во внутренние форматы системы
- 2.1.2. Расчёт карт геометрии многократных перекрытий
- 2.1.3. Сортировки сейсмограмм по ОГТ, ОТВ, ОТП, равным удалениям
- 2.1.4. Суммирования сейсмограмм по ОГТ, ОТВ, ОТП, равным удалениям (обобщённая сейсмограмма)
- 2.1.5. Произвольный мьютинг
- 2.1.6. Преобразование Гильберта (расчёт огибающей трасс)

- 2.1.7. Оценка качества трасс 3D и редакция брака
- 2.2. Спектральный и экспоненциальный анализ. Фильтрации
 - 2.2.1. Горизонтальный спектральный анализ временных разрезов и сейсмограмм
 - 2.2.2. Вертикальный спектральный анализ трассы в скользящем окне
 - 2.2.3. Полосовая и режекторная фильтрация
 - 2.2.4. Ротация фазы и сдвиг по времени разрезов
 - 2.2.5. Двумерная фильтрация по произвольной области двумерного спектра (произвольная FK фильтрация)
 - 2.2.6. Горизонтальный экспоненциальный анализ по методу Прони. Фильтрация Прони [стр. 116]
- 2.3. Автоматический детальный скоростной анализ с расчётом спектров скоростей, разрезов скоростей и временных разрезов для 2D и 3D данных [стр. 51, стр. 113]
Миграция Кирхгофа после суммирования с учётом зон Френеля [рис. 4.6, рис. 4.8]
- 2.4. Томография на отражённых и проходящих волнах
 - 2.4.1. Автоматическое слежение годографов на сейсмограммах
 - 2.4.2. Расчёт динамических параметров (интенсивности, когерентности, коэффициента корреляции с формой сигнала, видимой частоты, затухания) в окрестности годографов
 - 2.4.3. Расчёт томограмм времён отражений и динамических параметров
- 2.5. Программы подавления помех и выделения дифракции (расчёт разрезов дифракции [Глава 5]) посредством учёта наклонов и кривизны отражений (мультифокусирование).
 - 2.5.1. Метод кинематической фильтрации [Глава 3, § 3.2, стр. 112]
 - 2.5.2. Метод сферического зеркала [Глава 3, § 3.3, стр. 114]
 - 2.5.3. Метод сейсмостратиграфического суммирования
- 2.6. Расчёт разрезов средних скоростей [рис. 4.5, рис 4.7] по сейсмическим данным (разрезам скоростей суммирования [рис. 3.9]) путём решения уравнения Линна [Глава 4]
- 2.7. Расчёт синтетических сейсмограмм, времён отражений и эффективных параметров годографов ($t_0, V_{\text{огт}}$) для полевой геометрии наблюдений и для двумерных и трёхмерных толсто слоистых моделей сред с криволинейными границами раздела слоёв и пластовой скоростью в слоях меняющейся по горизонтали. Расчёт используется для тестирования программ обработки и интерпретации

3. Интерпретация

- 1.1. Площадная интерполяция каротажа в межскважинном пространстве в пикеты сейсмических профилей для 2D и 3D наблюдений с учётом отражающих горизонтов [\[стр. 118\]](#)
- 1.2. Полная кинематическая увязка временных разрезов 2D профилей или 2D профилей и 3D куба
- 1.3. Слежение горизонтов на сейсмических разрезах в [многооконном графическом интерфейсе](#) с отображением схем профилей совместно с геологическими картами, разрезов с скважинной информацией (каротажные кривые, разбивки глубин в скважинах) и с использованием широкого интерактивного инструментария, позволяющего формировать композиционные маршруты по схеме наблюдений, выполнять ротацию фаз и сдвигать по времени разрезы по информации на пересечении профилей, параллельно перемещать линию слежения по времени, контролировать невязки линии слежения на пересечениях профилей и пр.
- 1.4. Расчёт разрезов наиболее значимых в физическом отношении динамических параметров (сейсмических атрибутов): интенсивности, когерентности, коэффициента корреляции с формой сигнала, видимой частоты, затухания и пр.
- 1.5. Расчёт структурных карт и карт динамических параметров включающий профильное сглаживание, минимизацию невязок на пересечении профилей, площадное итеративное сглаживание с учётом исходных значений параметра. При расчёте карт динамических параметров определяется размер временного окна в окрестности горизонта при котором достигается максимальные коэффициент корреляции с указанным скважинным параметром. Определяются также базы профильного и площадного сглаживания по максимальному коэффициенту корреляции с скважинными параметрами. Если коэффициент корреляции имеет высокое значение, то рассчитываются карты скважинных параметров. Выполняется *оценка точности* рассчитываемых карт [\[Глава 6\]](#)
- 1.6. Расчёт разрезов и карт по методу RGB [\[Глава 7\]](#)

4. Многооконный графический интерфейс системы CubeTechnology (программа VisualCube)

Многооконный графический интерфейс системы CubeTechnology (программа VisualCube) предназначен для детальной визуализации, сравнения, измерения, редакции, оперативной обработки и слежения сейсмических данных. На вход графического интерфейса поступают как внешние сейсмические данные, так и сейсмические данные, полученные в результате пакетной обработки в системе CubeTechnology. В состав сейсмических данных входят сейсмограммы многократных перекрытий, глубинные и временные разрезы амплитуд и динамических параметров, вертикальные и горизонтальные спектры скоростей, амплитудные и фазовые спектры сейсмических записей, топография профилей, сейсмические параметры (годографы, линии t_0 , динамические характеристики сейсмических записей), карты (изохрон, глубин, динамических параметров и пр.), графики корреляции различных сейсмических параметров (корреляционные плоты), каротажные данные. Все сейсмические данные содержатся в файлах внутренних форматов системы. Файл каждого формата в системе

имеет фиксированное расширение (*.Sgr, *.Inf, *.Pnt, *.Hed) Файлы внутренних форматов образуются при вводе данных в систему из файлов стандартных сейсмических форматов (*.SegY, *.Las, *.txt и пр.), а также форматов программы Serfer. См. [Состав и форматы сейсмических данных системы.](#)

Под детальной визуализации здесь понимается изображение данных в различных формах отдельных их фрагментов в выбранном масштабе на экранах мониторов. Детальная визуализация предполагает также листание на экране сейсмограмм различных модификаций, а также их видео отображение (например, слайсов в 3D). Сравнение данных осуществляется путём изображения одного и того же фрагмента аналогичных данных в разных окнах или наложения данных одного и того же фрагмента в одном окне. Измерение численных характеристик данных (амплитуды, времена, динамические параметры, положение источников приёмников, координату пикетов картируемых параметров, значения каротажа и пр.) производится с помощью различных курсоров на изображение и отображением численных характеристик в зависимости от положения курсора. Редакция данных производится изменением отображаемых численных значений, заданием значений или функций в выбранных прямоугольных и произвольных многоугольных областях изображений, а также локальным сглаживанием в этих областях с учётом разрыва разрезов, карт (разломы) и графиков. Оперативная обработка в графическом интерфейсе включает в себя сдвиг по времени и ротацию фаз разрезов на пересечении профилей, расчёт амплитудных и фазовых спектров заданных фрагментов разрезов и сейсмограмм, одномерное моделирование с совмещением с каротажам и сейсмическими разрезами. Операции слежения экстремальных линий и линий, имеющих фиксированное значение, выполняются для сейсмограмм, разрезов, спектров скоростей и карт. В результате слежения находятся годографы на сейсмограммах, линии t_0 на разрезах, скоростные законы на спектрах скоростей.

Все только что рассмотренные операции осуществляются в многооконном графическом интерфейсе путём загрузки в различные окна различной сейсмической информации т.е. загрузки файлов, ей соответствующих с отображением различными способами этих файлов и выполнением геофизиком определённой последовательности действий с помощью инструментария графического интерфейса (меню, панели инструментов, диалоговых окон). Будем называть последовательность таких действий для выполнения необходимой операции интерактивом. Часто встречающиеся интерактивы описаны в разделе ["Интерактивы графического интерфейса"](#). Однако в силу произвольности инструментария возможно и решение других задач необходимых геофизику и не предусмотренных в этом описании.

Совокупность сейсмических данных относящихся к отдельной территории и набор задач на ней решаемой геофизиком будем называть проектом. Так как проект определяется набором файлов сейсмических данных и задач для них решаемых, то в графическом интерфейсе он идентифицируется папкой, в которой расположены эти файлы. Такую папку будем называть папкой проекта. При запуске графического интерфейса на компьютере в первом диалоговом окне геофизик указывает папку проекта. При выполнении проекта в графическом интерфейсе могут использоваться файлы не только из папки проекта (чаще всего файлы из вложенных в папку проекта папок, но не только).

После определения папки проекта геофизик на экранах компьютера создаёт графические окна и загружает в эти окна сейсмические данные (файлы) необходимые для решения его задач. По умолчанию эти файлы загружаются из папки проекта. Загружаемые файлы отображаются в окнах в виде различных форм изображения (схемы,

графики, разрезы, карты и пр.) Каждый тип изображения может иметь несколько форм, которые при загрузке выбирает геофизик. Совокупность графических окон и загруженных в них файлов с изображениями выбранных форм будем называть сценой. Созданные сцены можно сохранять под заданными именами в папке проекта. Файлы сцен имеют расширение *.stv При работе в графическом интерфейсе или последующих его запусках записанные ранее сцены могут быть прочитаны и заменить текущую. Если геофизик закончил работу и вышел из графического интерфейса, то автоматически записывается текущая сцена под именем status.stv. При возобновлении работы в графическом интерфейсе после указания папке проекта создаётся сцена из этого файла, записанного при завершении работы графического интерфейса в папке проекта. Если геофизик допустил неточности при работе, то можно выйти из графического интерфейса без сохранения текущей сцены. Тогда при следующем входе в папку проекта откроется сцена из неё не содержащая неточности.

После создания сцены геофизик может решать свои задачи в создаваемых им интерактивах с помощью инструментария системы. При этом на любом этапе решения задачи он может модифицировать текущую сцену добавлением новых графических окон и загрузки новых файлов в старые и новые окна, менять форму графического отображения файлов в окнах. На любом этапе он может сохранить текущую сцену (свою работу) под выбранным им именем. Как уже отмечалось, текущая сцена (текущая работа) сохраняется при выходе из графического интерфейса в папке проекта, для того что бы при входе в эту папку продолжить прерванную работу.

5. Подготовка отчётной графики

Конвертация сейсмической информации (сейсмограмм, карт геометрии наблюдений, томограмм, разрезов, годографов, линий слежения, карт времён, скоростей, глубин, сейсмических атрибутов, схем профилей, схем скважин, кросплов, Las- файлов из внутренних форматов системы в программу Serfer для совмещения слоёв в координатах и масштабного вывода рисунков и графических приложений отчётов

6. Организация обработки и интерпретации в системе

Система **CubeTechnology** предназначен для решения геофизиком задач обработки и интерпретации **сейсмических данных** на персональных компьютерах. В состав **сейсмических данных** входят сейсмограммы многократных перекрытий, глубинные и временные разрезы амплитуд и динамических параметров, вертикальные и горизонтальные спектры скоростей, амплитудные и фазовые спектры сейсмических записей, топография профилей и скважин, сейсмические параметры (годографы, линии t_0 , динамические характеристики сейсмических записей), карты (изохрон, глубин, динамических параметров и пр.). графики корреляции различных сейсмических параметров (корреляционные плотности), каротажные данные, томограммы. Совокупность **сейсмических данных** относящихся к отдельной территории и набор задач, решаемой геофизиком на ней, называется *сейсмическим проектом*. *Сейсмический проект* идентифицируется набором файлов в *внутренних форматах* системы, расположенных в отдельной папке на компьютере. Для каждого сейсмического проекта такую папку

называют *папкой проекта*. При выполнении *сейсмического проекта* на компьютере могут быть организованы и другие папки, чаще всего входящие в *папку проекта*. Описание сейсмических данных и *внутренних форматов* файлов, в которых они хранятся, приведено в разделе 1. [тип и форматы сейсмических данных в системе](#). Файлы внутренних форматов образуются при вводе данных в систему из файлов стандартных сейсмических форматов (SegY, Las, txt и пр.), а также форматов программы Serfer с помощью программ ввода данных: *Пуск\CubeTechnology\Сейсморазведка\Ввод данных\иконка программы ввода данных*.

Для решения любой задачи обработки и интерпретации в системе **CubeTechnology** геофизик выполняет на компьютере последовательность программ (*граф обработки*). Иконки из *графов обработки* (чаще всего в последовательности выполнения программ в графе обработки) расположены на компьютере в подпапках папки D:\Cube\CubeTechnology. Вызвать каждую программу из графа обработки можно нажав на иконку в соответствующей папке: *Пуск\CubeTechnology\подпапка графа обработки\иконка модуля*. После нажатия на иконку программы открывается *унифицированный интерфейс параметров программы*. В этом интерфейсе геофизик формирует *задание* для выполнения программы включающее путь к папке *сейсмического проекта*, а также имена входных файлов и входные параметры, необходимые для решения задачи. Сформированное задание сохраняется в папке проекта в файле alldata.dat. После задания всех параметров программы в геофизик запускает программу кнопкой «**ВЫПОЛНИТЬ**». Если в текущем проекте требуется повторить вычисления по какой либо программе с другими входными файлами и параметрами, то при повторном входе в программу в этом проекте открывается *унифицированный интерфейс параметров программы* с ранее выпавшим заданием и после его изменения можно вновь выполнить расчёт. Задание для каждого выполнения программы сохраняется в файле cube.log с именем программы и временем её выполнения. Это позволяет в текущем проекте в *унифицированном интерфейсе параметров* открыть задание для любого экземпляра выполнения этой программы и повторить её выполнения с теми же или другими параметрами. Открывается такое задание в открытом *интерфейсе параметров* любой программы правой кнопкой мыши с выбором **ViewLogFile** и далее в открывшемся диалоговом окне **History of processing** выбор нужного задания по дате, времени и имени программы, и заключении нажать кнопку **restore** в этом окне. Так как в диалоговом окне **History of processing** выполненные программы расположены в порядке их выполнения то можно проследить историю обработки в *сейсмическом проекте*. Более подробно возможности унифицированного интерфейса параметров программ рассмотрены в разделе «Унифицированный интерфейс параметров программ (модулей системы)»

Выполнение программы сопровождается индикацией на экране монитора временных характеристик выполнения (начала, выполненной доли, длительности), имён входных файлов, имён сейсмических параметров, графических иллюстраций проводимых расчётов. В результате выполнения программы на компьютере в *папке проекта* или в сопутствующих ей подпапках создаются новые файлы сейсмических данных во внутренних форматах системы. Если выходные файлы образуются в папке проекта, то их имена образуются из имён входных файлов добавлением к ним вначале идентифицирующих индексов. В программах, в которых производится массовая обработка всех входных файлов (например, ввод или преобразование всех временных разрезов по площади, расчёт спектров всех временных разрезов и пр.) выходные файлы

с теми же именами что и входные файлы образуются в новых выходных папках. Новые входные папки либо создаются автоматически как подпапки папки проекта, либо создаются геофизиком до выполнения программы и указываются перед её выполнением в *унифицированном интерфейсе параметров программы*. В случае, когда новые выходные папки создаются автоматически их имена связаны с выполняемой программой задачей. Имена этих папок можно найти в *унифицированном интерфейсе параметров* по кнопке «справка».

После или перед выполнением программы геофизик может *детально визуализировать, сравнить, измерить, отредактировать, оперативно обработать* её входные и выходные файлы на мониторах компьютера в *многооконном графический интерфейс системы CubeTechnology (программа VisualCube)*: Пуск\Визуализация

Промежуточные и окончательные результаты обработки и интерпретации передаются в программу **Serfer** для оформления и распечатки масштабных твёрдых копий. Конвертация внутренних форматов сейсмических данных системы в форматы файлов программы **Serfer** производится запуском программ переформатирования: Пуск\CubeTechnology\Сейсморазведка\Вывод в Serfer\иконка программы переформатирования

7. Спецификации

Наименование	Система CubeTechnology
Назначение	Обработка и интерпретация наблюдений
Область применения	Сейсморазведка Инженерная сейсмика Микросейсмология (исследование здания и сооружений) Шахтная сейсмика и электроразведка
Период создания пакета	1900-2014 г.
Места разработки	Новосибирск, Калгари, Санкт-Петербург.
Операционные системы	Windows XP, Vista, Windows 7
Языки программирования	C++, Fortran PowerStation 4.0

ЛИТЕРАТУРА

1. С.А. Гриценко С.А. Изображение геологических разрезов и определение скоростей методом Общей глубинной точки, Изд-во ВСЕГЕИ, 2014