

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

И.А. Никифоров

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ КОМПЛЕКСА ROCKWORKS

Практикум

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программе высшего профессионального образования по специальности 130101.65 - Прикладная геология

Оренбург
2013

УДК 55:004.4 (075.8)
ББК 26.3+32.973-018.2я73
Н 62

Рецензент – профессор, доктор технических наук
В.И. Чепасов

Никифоров, И.А.

Н 62 Геологическое моделирование в среде комплекса Rockworks:
практикум / И.А. Никифоров; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург :
ОГУ, 2013.- 111 с.

В практикуме рассматриваются основные концепции и методические приёмы геометризации недр средствами программных комплексов геологического моделирования семейства Rockworks.

Теоретический материал сопровождается подробными инструкциями по формализации и подготовке данных для информационного обеспечения конкретных геологических задач. Работа содержит множество примеров их решения, которые сопровождаются выкопировками из программных интерфейсов и графическими иллюстрациями.

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по специальности 130101.65 Прикладная геология при изучении дисциплины «Основы компьютерных технологий решения геологических задач»

УДК 55:004.4 (075.8)
ББК 26.3+32.973-018.2я73

© Никифоров И.А.
© ОГУ, 2013

Содержание

Введение.....	5
1 Подготовка данных	6
1.1 Местоположение скважин	6
1.2 Таблицы инклинометрии	7
1.3 Сводный разрез	8
1.3.1 Стратиграфический разрез	8
1.3.2 Литологический разрез	9
1.4 Отбивки пластопересечений.....	11
1.5 Подготовка данных каротажа.....	12
1.6 Информационное описание разрывных нарушений	13
1.6.1 Трассировка разломов векторизатором R2v	14
1.6.2 Экспорт векторов в текстовый формат *.XYZ	22
1.6.3 Конвертация текста из формата *.XYZ в формат Borehole Manager	23
2 Строительство проекта RockWorks	26
2.1 Создание проектного каталога	27
2.2 Создание справочников.....	28
2.2.1 Справочник стратиграфии.....	28
2.2.2 Справочник литологии.....	33
2.3 Импорт-экспорт справочников.....	34
2.4 Информационное наполнение проекта.....	35
2.4.1 База данных Borehole Manager	36
2.4.2 Ввод данных в базу данных Borehole Manager.....	44
2.5 Расчёт проектного грида	49
2.5.1 Настройки проектного грида.....	50
2.6 Заполнение базы данных проекта через операции экспорта-импорта.....	51
2.6.1 Создание нового проекта.....	51
2.6.2 Создание информационной копии проекта	52
2.6.3 Заполнение копии проекта данными из книги Data.xls	54

2.6.4 Импорт заполненной копии в незаполненный проект	58
3 Геологическое моделирование.....	60
3.1 Разрезы скважин.....	61
3.1.1 Single Log (2D).....	62
3.1.2 Single Log (3D).....	66
3.1.3 Multi-Log (3D).....	66
3.2 3D-модели	67
3.2.1 Стратиграфические модели	67
3.2.2 Solid- модели	83
3.3 Картография	92
3.3.1 Карты дискретных признаков	92
3.3.2 Карты количественных признаков	96
3.4 Геологические разрезы и профили.....	99
3.4.1 Модельный и корреляционный варианты разреза (вкладка Stratigraphy). 100	
3.4.2 Профильные и секционные разрезы	101
3.4.3 Трёхмерные системы вертикальных сечений.....	102
3.4.4 Настраиваемые параметры и опции вертикальных сечений	103
4 Вопросы для самоконтроля	106
Список использованных источников	111

1 Подготовка данных

Для решения задач геометризации недр необходимо наличие некоторого минимума данных, необходимых для информационного описания распознаваемых геологических структур. Обычно эти данные подготавливаются в произвольной табличной форме на бумаге или сразу в электронных таблицах. Поскольку содержание и формат таких таблиц совершенно не унифицированы, возникает необходимость их серьёзной предварительной обработки в соответствии с требованиями эксплуатируемых программных комплексов. Такую предобработку принято называть *ремастерингом* данных и, как правило, она занимает не менее 70 % общих затрат времени на геолого-математическое моделирование.

К числу обязательных сведений, необходимых для информационного описания недр в рамках требований *Borehole Manager* относятся:

- местоположение скважин;
- таблицы инклинометрических замеров;
- сводный геолого-стратиграфический разрез;
- стратиграфические и литологические отбивки пластопересечений;
- файлы каротажа в формате LAS;
- информация о разрывных нарушениях.

Правила подготовки данных для каждого из вышеперечисленных типов приводятся ниже.

1.1 Местоположение скважин

Требования к таблице местоположений скважин очень просты и немногочисленны:

- 1 Все табличные ячейки должны быть заполнены.
- 2 Название скважины должно иметь текстовый тип.
- 3 Координаты всех скважин должны быть представлены в единой координатной системе.
- 4 Все числовые значения должны иметь одинаковый десятичный разделитель.

- 5 Все скважины должны иметь одинаковую высотную привязку устья, приведённую к альтитуде земли.
- 6 Значения глубин должны быть положительны.
- 7 Единицы глубины скважин и их прямоугольных координат должны быть одинаковы.

В качестве образца приводится таблица 2.

Таблица 2- Форма представления данных о местоположении скважин

№ скважины	X(восток)	Y(север)	Альтитуда земли (м)	Глубина скважины (м)
1	10500000	5700000	291.17	1532.33
2А	10500707.51	5699903.64	186.75	1437.32
3	10499697.34	5698792.42	221.57	1789.10
4	10502181.16	5699051.49	175.46	1289.20
5	10501126.1	5699631.63	215.08	1737.77
6	10499353.02	5701832.84	180.20	542.04
7Долгов	10500826.38	5698264.51	178.38	1490.21
8	10498851.36	5700549.29	223.16	1510.55
9	10501459.16	5699572.64	210.07	910.89

1.2 Таблицы инклинометрии

Таблицы инклинометрических наблюдений необходимы для описания кривизны ствола скважины, однако для вертикальных скважин они не требуются.

Обязательными полями таких таблиц являются:

- глубина замера в единицах глубины скважины;
- зенитный угол отрезка ствола скважины между замерами;
- азимут наклона отрезка ствола скважины между замерами.

При заполнении этих полей следует учесть, что все градусные измерения должны быть приведены к формату десятичных градусов. Например, значение $85^{\circ}15'$ пересчитывается в 85.25 градуса.

Дополнительное условие подготовки инклинометрических наблюдений к вводу в базу данных *Borehole Manager* состоит в необходимости пересчёта зенитного угла в соответствии правилам:

- горизонтальные участки скважины имеют зенитный угол равный 0°;
- вертикальное (вниз) направление обозначается как минус 90°
- вертикальное (вверх) направление обозначается как плюс 90°

Таким образом, если исходный зенитный угол отсчитывается по отечественным стандартам, т.е. от вертикали, то для перевода к формату *Borehole Manager* достаточно вычесть из него 90°.

В качестве образца правильного представления данных инклинометрических замеров приводится таблица 3.

Таблица 3- Форма представления данных инклинометрических замеров

№скв	Глубина	Азимут	Зенит
1Абдул	0.00	59.92	-90.00
1Абдул	140.65	99.94	-83.24
1Абдул	182.32	114.92	-83.28
1Абдул	200.17	120.72	-84.73
1Абдул	204.30	122.01	-82.75
1Абдул	226.79	128.56	-79.98
1Абдул	306.54	145.15	-80.22
1Абдул	347.30	149.11	-89.75
1Абдул	365.99	149.82	-87.69
1Абдул	375.78	149.92	-89.39

1.3 Сводный разрез

Табличный фонд *Borehole Manager* помимо таблиц оперативного значения, уникальных для каждой скважины, включает в себя специальные таблицы- справочники. В них представлены данные общие для всего множества скважин исследуемого месторождения. Далее по тексту это множество будет именоваться проектом.

К числу самых распространённых относятся справочники по стратиграфии и литологии, составляющиеся по данным стратиграфического и литологического разрезов соответственно.

1.3.1 Стратиграфический разрез

В формальном представлении *Borehole Manager* стратиграфический разрез представляет собой общий для всех скважин проекта список наименований *непо-*

вторяющихся стратиграфических подразделений единого (самого верхнего) уровня вложенности. Сказанное означает необходимость поскважинного согласования стратиграфических формаций. Перед тем как к нему приступить, следует решить вопрос о базовой стратиграфической единице каждого элемента разреза. Если, например, в этом качестве выбран горизонт, то необходимо, чтобы в разрезах всех скважин этот элемент был расчленён до уровня горизонта. Рассмотрим следующий пример.

Допустим, мы располагаем стратиграфическими разрезами по 30 скважинам интересующего нас месторождения. В 29 из них выделяется *филлиповский* горизонт и только в одной скважине он отсутствует, причём это отсутствие обусловлено не выклиниванием. В этой скважине кунгурский ярус нижнепермской системы просто не расчленяется на горизонты. Такая ситуация требует, чтобы в стратиграфическом разрезе оставшихся 29 скважин выделялся только кунгурский ярус, т.е. необходима «ручная» погоризонтная стратиграфическая интеграция кунгура.

Наименования стратиграфических подразделений в сводном разрезе выбираются произвольно, но следует учесть, что верхние или нижние индексы, а также римские цифры в справочниках *Borehole Manager* не используются.

В качестве образца допустимого представления сведений для создания сводного стратиграфического разреза приводится таблица 4.

Таблица 4- Форма представления сводного стратиграфического разреза

Формация	Индекс
Мезокайнозой	KZ+MZ
Татарский	P2.t
Казанский	P2.kz
Уфимский	P2.uf
Кунгурский	P1.k
Артинский	P1.art
Сакмарский	P1.skm
Ассельский	P1.ass

1.3.2 Литологический разрез

В формальном представлении *Borehole Manager* литологический разрез представляет собой список *неповторяющихся* литологических разновидностей, которые

могут присутствовать в любой из скважин проекта. Информация из данного справочника может использоваться для подписей литологической колонки, заполнения разрезов и карт соответствующими условными знаками и создания литологических легенд для любых диаграмм, генерируемых в среде *Borehole Manager*.

Следует учесть, что наличие полностью повторяющихся литологических разновидностей в таком справочнике совершенно бессмысленно, но, в разрезах конкретных скважин повторение пород- обычное дело!

Литологический справочник содержит всего два обязательных поля:

- 1 Наименование.
- 2 Примечание.

Наибольшие сложности связаны с заполнением поля «Наименование».

Ниже приводится один из возможных вариантов создания литологического разреза проекта. Он состоит из следующих шагов:

- 1 Создание в среде *MS Excel* таблицы с полями, названия которых соответствуют вышеприведённому списку.
- 2 Последовательное заполнение таблицы соответствующими данными по всем скважинам проекта.
- 3 Сортировка таблицы по столбцу «Наименование»
- 4 Неформальный анализ отсортированного материала. Он состоит в модификации неповторяющихся наименований, которые, по Вашему мнению, могут обозначать одну и ту же породу. Например, не исключено, что слова «известняки трещиноватые» и «трещиноватые известняки» относятся к одной и той же литологической разновидности. При этом не забывайте, что многие особенности литологии могут быть отражены в поле «Примечание», куда заносится свободный текст.
- 5 Повторная сортировка таблицы по столбцу «Наименование».
- 6 Удаление из отсортированной таблицы всех строк (за исключением первой в группе одинаковых значений), в которых содержание поля «Наименование» повторяется. Эту процедуру удобно проводить, используя возможности VBA- макроса, который студенты должны составить самостоятельно.

В итоге должна получиться таблица, похожая на нижеприведённую таблицу 5.

Таблица 5- Форма представления сводного литологического разреза

Наименование	Примечание
алевролиты тёмно-серые	
ангидриты	
аргиллиты	Как в скв. №123
галиты	Кунгурские покрышки
глинистые песчаники	
глины красные	
гравелиты	
доломиты серые	
доломиты трещиноватые	
известковистые алевролиты	
известняки плотные	
известняки плотные доломитизированные	
известняки трещиноватые	Коллектор
конгломераты	
песчаники бурые	
песчаники на известковистом цементе	
песчаники тёмно-серые	
сильвинит	
углистые алевролиты	
углистые песчаники	

1.4 Отбивки пластопересечений

Таблицы отбивок пластопересечений для каждой скважины должны содержать 4 обязательных поля:

- 1 № скважины.
- 2 Глубина кровли.
- 3 Глубина подошвы.
- 4 Стратиграфическое подразделение (для стратиграфических отбивок) или литологическая разновидность (для литологических отбивок).

Требования к таблицам отбивок просты:

- наименование скважины должно иметь текстовый тип. Младшие версии *Rockworks* могут не распознавать кириллические символы, поэтому, желательно вводить текстовые фрагменты названий скважин на латинице. Напри-

- мер, в наименовании СКВ_135 префикс СКВ введён латинскими символами;
- глубина подошвы пласта должна в точности совпадать с глубиной кровли нижележащего пласта;
 - глубина подошвы самого нижнего пласта должна быть равна глубине скважины;
 - названия стратиграфического подразделения или горной породы в обязательном порядке должны присутствовать в соответствующем справочнике.

В качестве образца правильного представления стратиграфических отбивок приводится таблица 6.

Таблица 6- Форма представления стратиграфических отбивок

№ скв	Страто	Индекс	От	До
1КРС	Татарский	P2.t	0.00	1.76
1КРС	Казанский	P2.kz	1.76	21.13
1КРС	Уфимский	P2.uf	21.13	36.02
1КРС	Кунгурский	P1.kg	36.02	817.50
1КРС	Артинский	P1.art	817.50	821.79

1.5 Подготовка данных каротажа

Возможности модуля *Borehole Manager* допускают автоматизацию процедуры ввода данных каротажа (представленных в форматах LAS версий 1.2-2) в базу данных проекта. При этом производится сопоставление имени скважины в заголовке LAS-файла с наименованием скважины в проекте, и если они тождественны, то данные каротажа «прикрепляются» к проектной скважине [2]. Следует понимать, что это тождество не гарантируется автоматически даже для одних и тех же скважин. Дело в том, что их наименования исторически меняются в зависимости от смены административной принадлежности скважины и её назначения. Наиболее надёжным способом обеспечения этого тождества является «ручная» коррекция заголовка LAS-файла.

LAS-файл представляет собой обычный текстовый файл формата ASCII [3]. Его легко открыть и отредактировать в любом текстовом редакторе, например про-

грамме *Блокнот*.

Ниже приведён фрагмент LAS-заголовка для скважины 123А Оренбургского месторождения.

```
~Version information
  VERS.                1.20: CWLS LAS - VERSION 1.20
  WRAP.                NO: One line per depth step
#*****
#*                    OGU *
#*      Computers Geological Tasks Simulation by I.Nikiforoff *
#*****
~Well information
# MNEM.UNIT          DATA TYPE  INFORMATION
# =====
  STRT.M             1.75: First depth in file
  STOP.M            221.50: Last depth in file
  STEP.M            0.25: Depth increment
  NULL.             0.00: Null values
  COMP.             COMPANY: OUBR
  WELL.             WELL: 123A
  FLD .             FIELD: ORENBURG
  LOC .             LOCATION:
  CNTY.             COUNTY:
  STAT.             STATE:
  CTRY.             COUNTRY: RUSSIA
  SRVC.             SERVICE COMPANY: ORENBURGGEOPHISICS
  DATE.             LOG DATE: 21.07.2004
  API .             API NUMBER:
```

Если в проекте эта скважина называется по иному, необходимо отредактировать содержание поля WELL, которое подчёркнуто в вышеприведённом фрагменте.

При использовании процедуры множественного импорта данных каротажа в базу данных *Borehole Manager*, такую же работу следует выполнить для всех скважин проекта.

1.6 Информационное описание разрывных нарушений

Некоторые интерполяционные алгоритмы инструментария *Borehole Manager* учитывают наличие разрывных нарушений. Сведения о них должны быть подготовлены в виде специального текстового файла с координатами поворотных точек линии разлома.

В разных версиях модуля используются различные форматы этих файлов, но их взаимная конвертация не представляет сложности для людей умеющих програм-

мировать на алгоритмическом языке Visual Basic for Applications (VBA).

Когда очертания разлома просты, это легко сделать ручным векторизатором базового модуля *Borehole Manager* в среде 2D браузера, но на практике такие случаи встречаются редко.

Ниже приводится стандартная процедура информационного описания системы разрывных нарушений произвольной сложности, которая состоит из следующих этапов:

- полуавтоматическая трассировка разломов с помощью специализированной программы- векторизатора. В данном пособии используется очень доступный векторизатор *R2v*, позволяющий выводить созданные вектора в достаточно широком спектре форматов;
- экспорт полученных векторов в текстовый XYZ-формат. Каждая строка такого файла состоит из трёх полей, в которые занесены координаты каждой угловой точки ломаной линии разлома. При этом вместо третьей координаты допускается использование произвольной числовой информации, например номера линии;
- программная адаптация текстового файла к требованиям *Borehole Manager*.

Далее перечисленные пункты вышеприведённого списка рассматриваются более подробно.

1.6.1 Трассировка разломов векторизатором *R2v*

Процедура трассировки состоит из 7 шагов:

- 1 Запуск векторизатора *R2v*
- 2 Открытие проекта (растра карты)
- 3 Бинаризация цветов растра
- 4 Ввод контрольных точек
- 5 Создание и настройка слоя «Разломы»
- 6 Трассировка разломов
- 7 Подпись разломов

Запуск векторизатора **R2v**

После запуска программы **R2v** возникнет главное окно интерфейса.

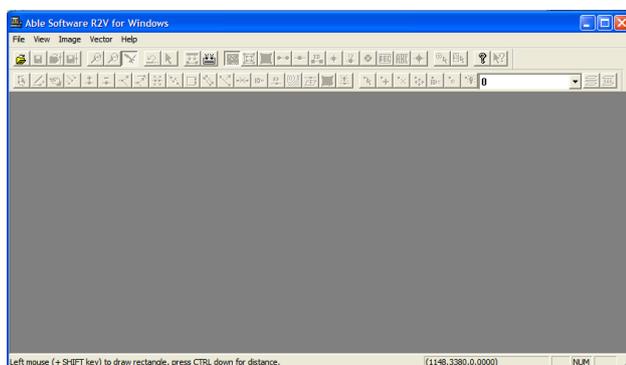
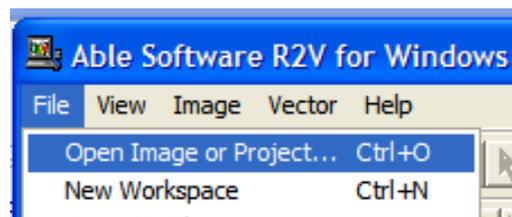


Рисунок 1- Главное окно векторизатора **R2v**

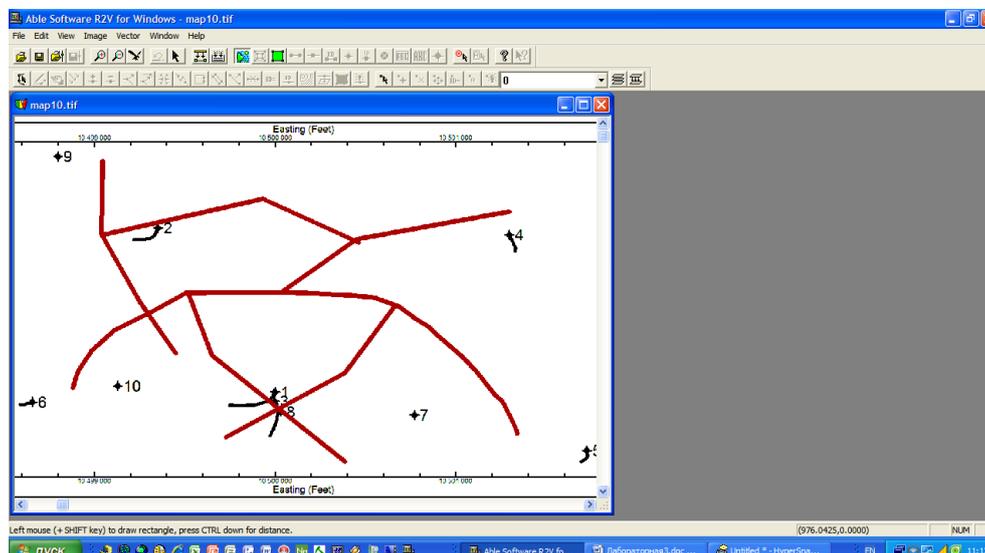
Открытие проекта (растра карты)

Из главного меню **R2v** выполняется каскад: File→Open Image or Project...(Открыть растр или проект). Того же эффекта можно добиться выполнив комбинацию Ctrl+O, т.е нажать клавишу <Ctrl> и придерживая её нажать клавишу <O>.



Эти действия приведут к открытию поискового окна, которое позволит выбрать заранее созданный Вами растр карты с тектоническими нарушениями.

Выбранная карта появится в главном окне приложения **R2v**.



Бинеаризация цветов растра

Для автоматизированной работы векторизатора необходимо определить 2 рабочих цвета- фоновый и цвет переднего плана. Дело в том, что любой загруженный растр может быть представлен в многоцветной палитре, поэтому необходимо сократить её размерность до двух. Это действие называется бинеаризацией. Чтобы её выполнить необходимо:

Выполнить каскад Image→Classification...

После этого откроется диалог Color Classification. После этого занесём в верхнее поле Number of Colors (количество цветов) число 2. Это означает, что наша растровая картинка станет двухцветной (чёрно-белой) после того, как мы нажмём кнопку <Start>.

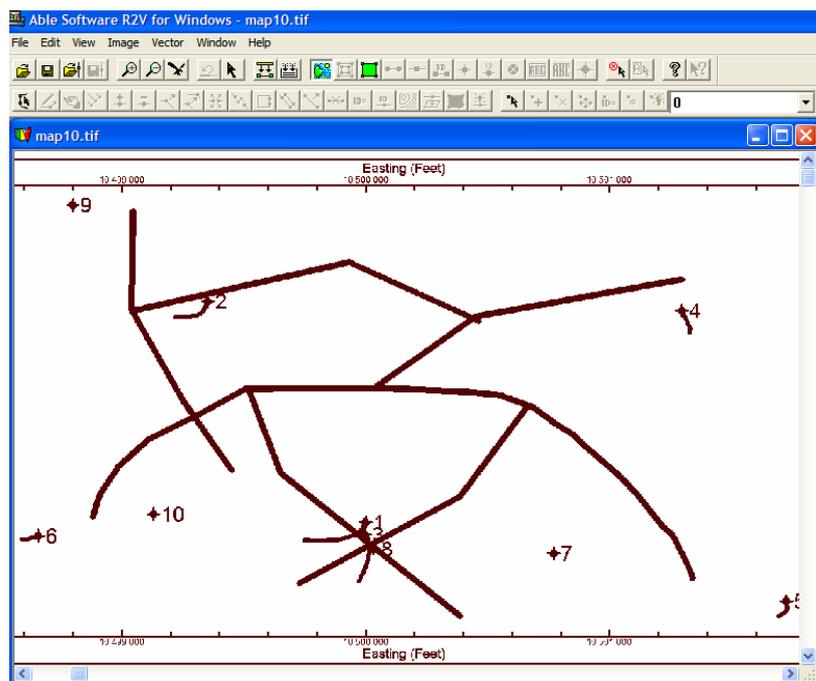
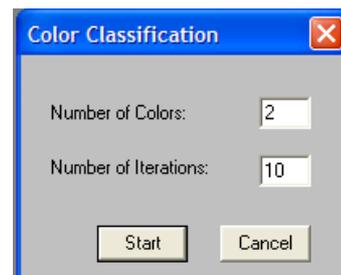
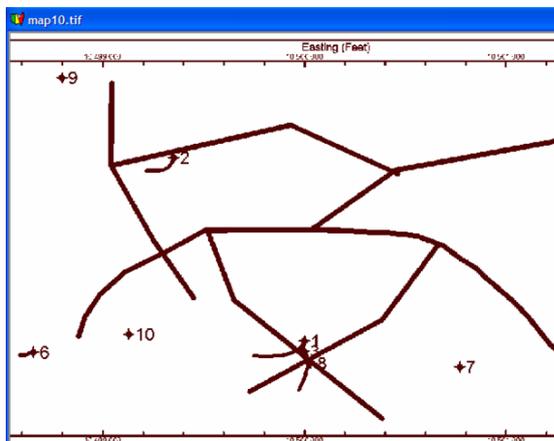


Рисунок 2- Бинеаризованный растр

Ввод контрольных точек

Чтобы привязать наш растр в пространстве (осуществить геопривязку растра) необходимо иметь в его пределах не менее 4-х точек с известными координатами. Такими точками (они называются контрольными) могут быть любые объекты: триангуляционные пункты, пересечения километровых сеток, скважины.

Допустим, мы имеем 10 скважин, точные координаты которых нам известны и мы намерены использовать их в качестве контрольных точек. Представим, что эти скважины расположены в плане так, как показано на нижеследующем рисунке.

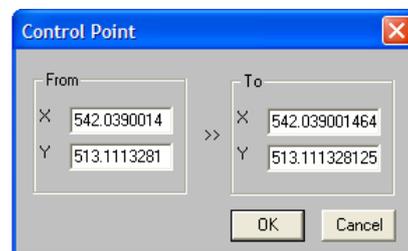


В среде **R2v** ввод контрольных точек производится следующим образом:

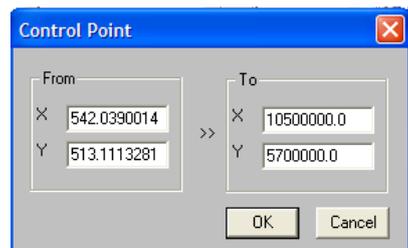
Из главного меню **R2v** необходимо выполнить каскад **Vector**→**Select Control Points**. После этого курсор примет вид перекрестья, которое надо навести на выбранную скважину и выполнить левый клик*.

Появится диалоговое окно **Control Point**. Оно содержит два блока **From** (откуда) и **To** (куда) с полями для ввода координат X и Y.

Координаты в блоке **From** всегда являются т.н. «пиксельными» координатами. Они сообщают неокруглённые координаты в пикселях выбранной перекрестьем точки растра. При первом появлении окна **Control Point** для очередной контрольной точки поля блоков **From** и **To** заполнены одинаковыми числами- это пиксельные координаты.



Изменим координаты блока **To** на т.н. *мировые* координаты. Пусть это будут метрические координаты соответствующей скважины, которые выбраны из ранее созданной таблицы местоположения скважин в системе Гаусса-Крюгера. После занесения их в поля блока **To**, окно **Control Point** для скважины может выглядеть так:



* Щелчок по левой кнопке манипулятора «мышь»

Нажмём на кнопку <ОК>, и на растре вокруг выбранной контрольной точки появится красный кружок, что означает её запоминание.

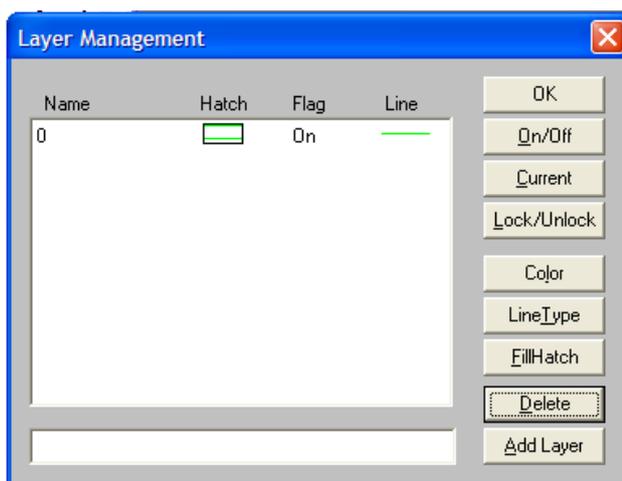
Описанные выше действия необходимо проделать как минимум для четырёх скважин проекта, относительно равномерно распределённых по площади.

Создание и настройка слоя «Разломы»

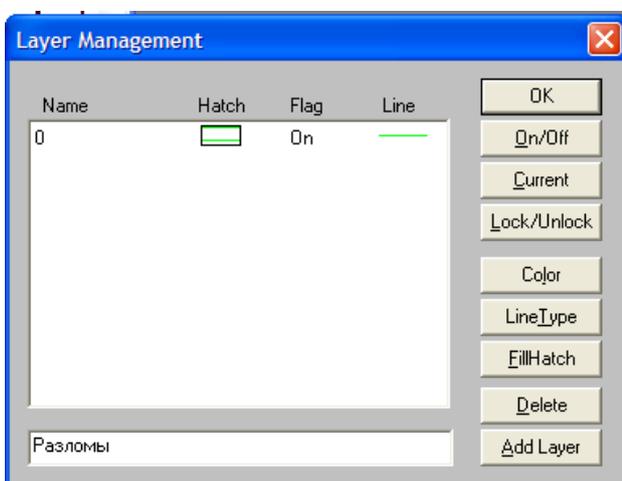
Для хранения векторизованных разломов необходимо иметь специальный слой в среде **R2v**. Это можно сделать с помощью специальной кнопки <Define Layer>, которая расположена в верхнем правом углу интерфейса **R2v**.



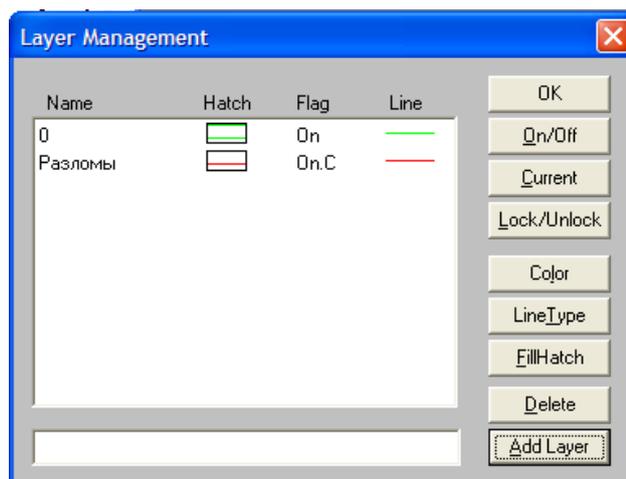
После её нажатия возникнет окно управления слоями Layer Management.



Занесём в самое нижнее поле название нашего нового слоя «Разломы».

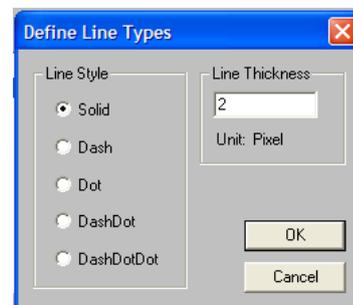


Нажмём кнопку <Add Layer>.



Наш слой появился в стеке слоёв системы. Чтобы сделать его активизировать выполним следующие действия:

- установим старый слой 0 в состояние Off, для чего выделим его курсором и щёлкнем по кнопке <On/Off>;
- выделим слой «Разломы» и щёлкнем по кнопке <Color>. Откроется окно выбора цвета векторизации. Выберем красный цвет;
- ещё раз выделим слой «Разломы» и щёлкнем по кнопке <LineType>. Откроется окно выбора типа и толщины векторизованных линий. Заполним его по образцу. Он означает, что наши вектора будут отображаться сплошными линиями, толщиной в 2 пикселя;
- после нажатия кнопки <ОК> настройка слоёв заканчивается. Теперь все созданные вектора будут сохранены в слое «Разломы». Слово «Разломы» появилось в окне активного слоя.

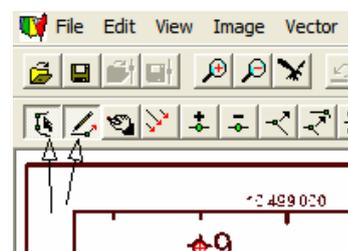


Теперь векторизованные разрывные нарушения будут сосредоточены в этом слое. Разумеется, можно было использовать для этой цели и слой «0», присутствующий в стеке окна Layer Management по умолчанию, но в этом случае не исключена путаница с векторами другого типа, случайно в нём сохранёнными.

Трассировка разломов

Чтобы приступить к автоматической трассировке разломов в среде **R2v**, необходимо включить редактор линий. Это делается с помощью каскада: Edit→Line Editor→ Line Editor On/Off

Признаком того, что редактор линий включён и готов к генерации новых векторных линий служит то, что две крайние левые кнопки инструментальной панели **R2v** перейдут в утопленное состояние.



После этого можно подводить перекрестье курсора к началу любой линии разлома и выполнить *левый клик*. Затем необходимо немного передвинуть курсор вдоль направления трассировки и снова выполнить *левый клик*.

Курсор автоматически добежит до первого пересечения, оставляя за собой красный след, поскольку мы выбрали красный цвет векторизации. После этого необходимо выполнять *левые клики* в направлении трассировки и так до тех пор, пока разлом не будет векторизован полностью. Когда это случится нажмите клавишу пробела, чтобы завершить трассировку текущей линии.

Повторите эту процедуру для остальных линий разломов. После этого наша карта может выглядеть примерно так:

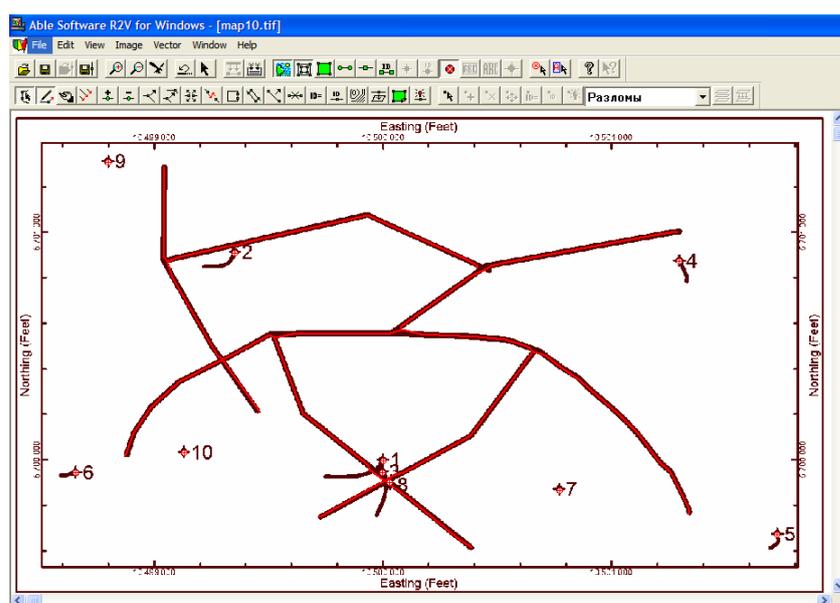
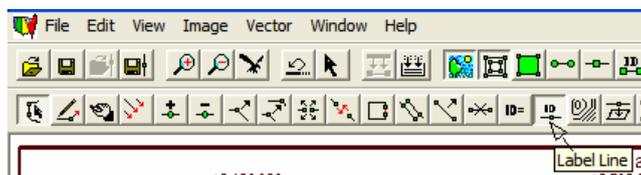


Рисунок 3- Образ карты после трассировки

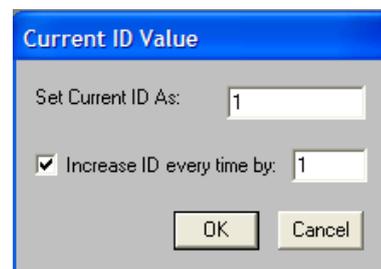
Подпись разломов

Каждому протрассированному разлому необходимо присвоить порядковый номер, который нужен для работы формирующего макроса. Присвоение производится через инструмент Label Line, который показан на нижеследующем рисунке.



После клика по этому инструменту курсор принимает вид стрелки, которую надо навести на подписываемую линию и кликнуть по ней.

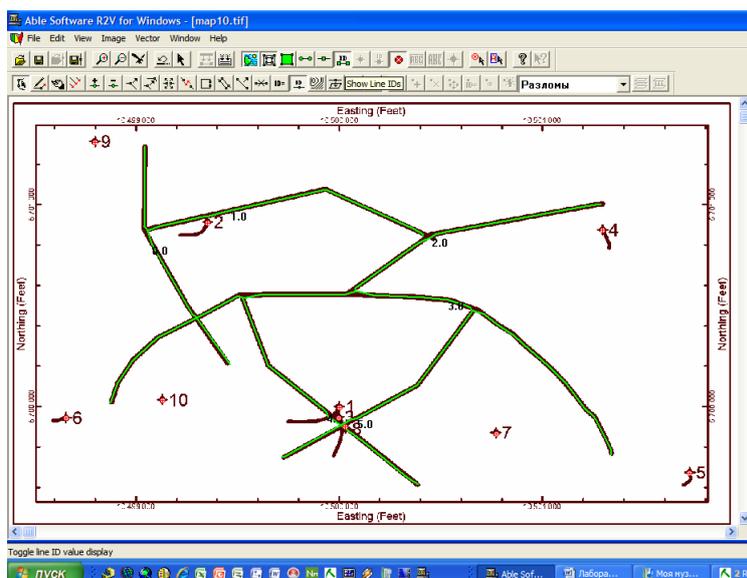
После этого необходимо выбрать соседний слева инструмент  и заполнить появившееся окно по образцу.



Такое заполнение означает, что текущей линии, присваивается номер 1 (один), но при каждом следующем выделении очередной линии её номер будет автоматически возрастать на единицу.

После выделения и нумерации всех линий можно проверить её качество. Для этого надо кликнуть по инструменту Show Line Ids. После этого нумерация всех линий будет показана в главном окне программы, т.е. все линии подпишутся, как на рисунке 4. В нашем случае разломы пронумерованы от 0 до 5.

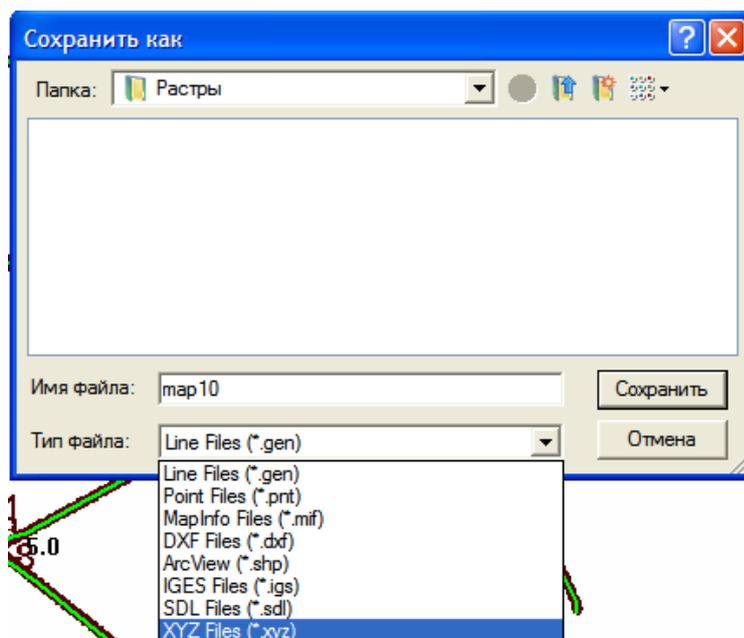
Рисунок 4- Образ карты с нумерацией протрассированных линий



1.6.2 Экспорт векторов в текстовый формат *.XYZ

Теперь мы можем векторизовать протрассированные линии разломов. Выполним каскад: File→Export Vector...

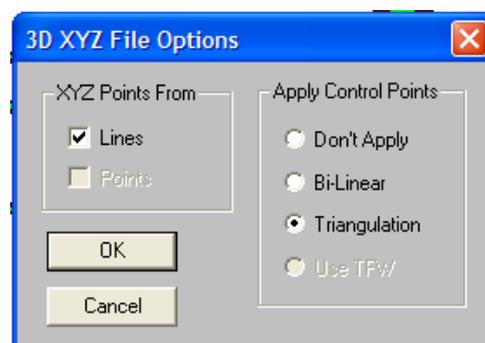
Откроется окно для выбора типа сохраняемых векторов и места хранения созданного при векторизации файла.



В качестве места хранения выберем личную папку, а в качестве выводного формата XYZ Files (*.xyz). Он означает, что создастся текстовый файл из тех столбцов, заполненных координатам: X,Y и Z. При этом в качестве Z ,будут использованы номера линий разломов.

После нажатия на кнопку <Сохранить> возникнет диалог, который надо заполнить как показано на рисунке справа.

Такое заполнение означает, что созданные вектора будут представлять линии, а их геопривязка будет осуществляться путём триангуляции координат контрольных точек.



Убедимся, что структура созданного файла именно такая, как мы и ожидали. Для этого откроем его в среде текстового редактора **Блокнот**.

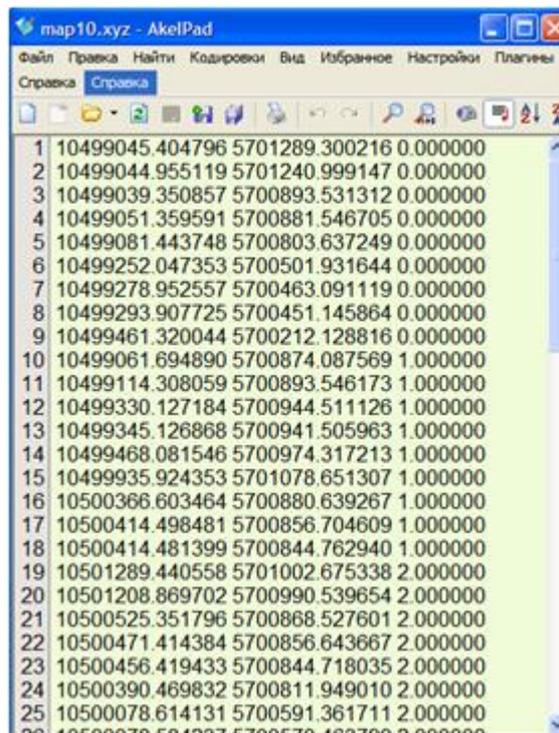


Рисунок 5- Текстовый файл векторизованных разломов в формате *.xyz

1.6.3 Конвертация текста из формата *.XYZ в формат *Borehole Manager*.

Формат векторизованных линий, используемый комплексом *Borehole Manager*, существенно отличается от формата векторизации *R2v*.

Borehole Manager в начале каждой линии записывает строку «Polyline:», а после последней точки линии строку «End-Polyline:»

```

Polyline:
10499161.8 5701175.5
10499774.6 5700863.0
10499766.3 5700525.8
10500325.6 5700332.5
10500708.0 5700398.3
End-Polyline:
Polyline:
10500461.3 5701105.6
10500185.8 5700739.6
10500391.4 5699999.4
End-Polyline:
Polyline:
10499610.1 5700147.5
10499844.5 5700427.1
10500074.7 5700488.8
10500810.8 5700 233.8
End-Polyline:

```

Для перевода формата *.xyz в формат *Borehole Manager* можно использовать несложный макрос VBA, который найдёт начало и конец каждого разлома в векторном файле R2v формата *.xyz. Это возможно потому, что каждый разлом подписан своим номером.

Исходный текст файла приводится ниже:

```
Sub polylines()  
  Dim fullname As String, hat As String, buf As String  
  Dim npline As Integer  
  fullname_out = "C:\temp\faults.txt"  
  nline = Cells(1, 3).Value  
  hat1 = "Polyline:"  
  hat2 = "End-Polyline:"  
  Worksheets(1).Activate  
  i = 1  
  Open fullname_out For Output As #1  
  Print #1, hat1  
  
  Do While Len(Cells(i, 1).Value) > 0  
    If nline <> Cells(i, 3).Value Then  
      Print #1, hat2: Print #1, hat1:  
    End If  
    buf = ""  
    buf = Cells(i, 1).Value & Chr(9) & Cells(i, 2).Value  
    Print #1, buf  
    nline = Cells(i, 3).Value  
    i = i + 1  
  Loop  
  Print #1, hat2  
  Close #1  
End Sub
```

Когда номер встречается впервые, то перед текущей строкой файла вставляются строки «End-Polyline:» и «Polyline:». Исключение составляют только первая и последняя строки файла формата *.xyz. Перед первой строкой вставляется «Polyline:», а перед последней «End-Polyline:».

Это всё, что делает наш макрос, который создаёт совершенно новый файл в формате *RockWorks 2006*, используемый в дальнейшем для изоцирковой интерполяции числовых полей скважинного проекта с учётом системы разрывных нарушений.

Собственно процедура переформатирования состоит из следующих этапов:

- 1 Запуск *MS Excel*
- 2 Открытие в среде *MS Excel* файла векторов, созданных в среде *R2v*. После этого мы получим на листе *MS Excel* три заполненных столбца:

- 3 столбец «А»- координата X;
- 4 столбец «В»- координата Y;
- 5 столбец «С»- номер разлома.
- 6 В среде *MS Excel* выполняем каскад: Сервис→Макрос→Редактор Visual Basic
- 7 В открывшемся окне редактора выполняем каскад: Insert→Module
- 8 Копируем всю процедуру Sub polylines(), которая приведена выше в главное окно редактора Visual Basic для модуля Module1.
- 9 Выполняем каскад: Run→Run Sub→UserForm.
- 10 Файл faults.txt должен возникнуть в папке "C:\temp\faults.txt".
- 11 Откройте этот файл редактором **Блокнот** и убедитесь, что макрос форматирования выполнил свою задачу. Файл должен выглядеть примерно так:

```

faults.txt - Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
10499252.047353  5700501.931644
10499278.952557  5700463.091119
10499293.907725  5700451.145864
10499461.320044  5700212.128816
End-Polyline:
Polyline:
10499061.69489   5700874.087569
10499114.308059  5700893.546173
10499330.127184  5700944.511126
10499345.126868  5700941.505963
10499468.081546  5700974.317213
10499935.924353  5701078.651307
10500366.603464  5700880.639267
10500414.498481  5700856.704609
10500414.481399  5700844.76294
End-Polyline:
Polyline:
10501289.440558  5701002.675338
10501208.869702  5700990.539654
10500525.351796  5700868.527601
10500471.414384  5700856.643667
10500456.419433  5700844.718035
10500390.469832  5700811.94901
10500078.614131  5700591.361711
10500078.584237  5700570.46379
End-Polyline:

```

Надо сказать, что информационное представление разломов в среде комплекса *RockWorks 15* существенно отличается от вышеописанного. Отдельные линии не выделяются граничными строками «End-Polyline:» и «Polyline:». Внешний вид текстового файла, описывающего систему ломаных линий разломов, здесь выглядит следующим образом.

Pair	X1 (Easting)	Y1 (Northing)	X2 (Easting)	Y2 (Northing)
1.0	726.5798622	538.2338348	756.0842403	409.5947463
2.0	756.0842403	409.5947463	743.1023139	242.0098786
3.0	743.1023139	242.0098786	759.6247656	139.3346428
4.0	759.6247656	139.3346428	803.2912452	040.1999324
5.0	803.2912452	040.1999324	836.3361487	009.5153792
6.0	754.9040651	823.8362149	870.5612273	813.2146388
7.0	870.5612273	813.2146388	954.3536611	775.4490348
8.0	954.3536611	775.4490348	031.0650442	715.2601034
9.0	031.0650442	715.2601034	119.5781785	640.9090706
10.0	119.5781785	640.9090706	160.8843079	585.4408398
11.0	160.8843079	585.4408398	210.4516631	489.8466547
12.0	210.4516631	489.8466547	265.9198939	371.8291423
13.0	265.9198939	371.8291423	342.631277	5 273.874607
14.0	342.631277	5 273.874607	438.2254621	178.2804219
15.0	438.2254621	178.2804219	490.1531675	138.1544677
16.0	221.0732392	470.9638527	223.4335894	370.6489672
17.0	223.4335894	370.6489672	210.4516631	244.3702289
18.0	210.4516631	244.3702289	215.1723636	159.3976199
19.0	215.1723636	159.3976199	225.7939397	092.1276379
20.0	225.7939397	092.1276379	260.0190183	009.5153792
21.0	260.0190183	009.5153792	293.0639218	988.2722269

Смена линий происходит, когда значения столбца X2(Easting) не совпадают со значениями в столбце X1(Easting) в смежной паре координат отрезка ломаной.

В качестве упражнения студентам предлагается составить VBA-макрос преобразующий текстовый файл формата *.xyz , иллюстрируемого рисунком 5 в формат *Borehole Manager* комплекса *RockWorks 15* [4].

2 Строительство проекта *RockWorks*

Модуль *Borehole Manager* поддерживает концепцию *проекта*. Проект представляет собой минимальную организационно единую информационную структуру, которая имеет, однако, двойственную природу.

С чисто информационной точки зрения проект является поименованной папкой файловой системы, в которой хранятся база данных проекта со сведениями по всем его скважинам, справочники и собственно результаты геологического моделирования.

Одновременно проект представляется в виде т.н. *грида*- регулярной трёхмерной сетки, охватывающей интересующий нас и вскрытый скважинами блок литосферы. Каждый элемент этой сетки может содержать значение числового поля, по-

лученное в результате интерполяции любой геологической характеристики. Фактически, *grid* и является геолого-математической моделью недр, детальность которой определяется его физическими параметрами. В этом качестве выступают размеры ячеек *grida* по каждому из трёх пространственных измерений.

2.1 Создание проектного каталога

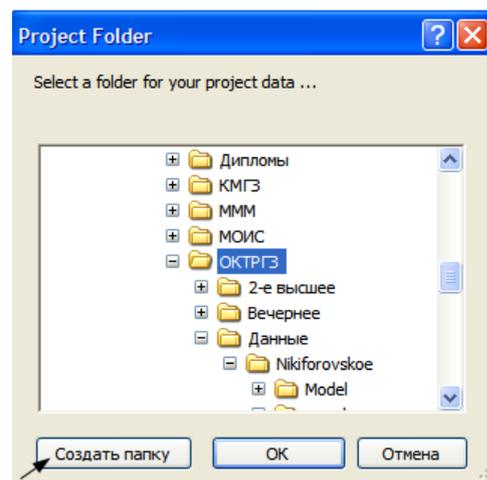
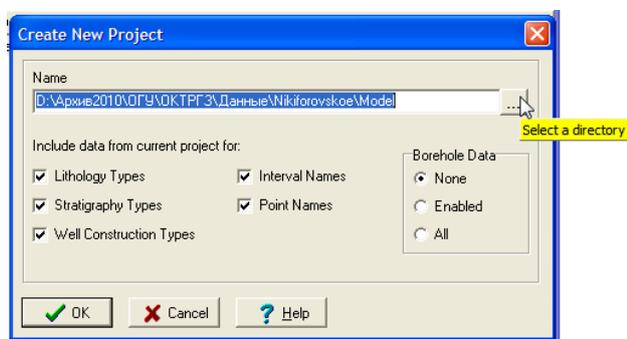
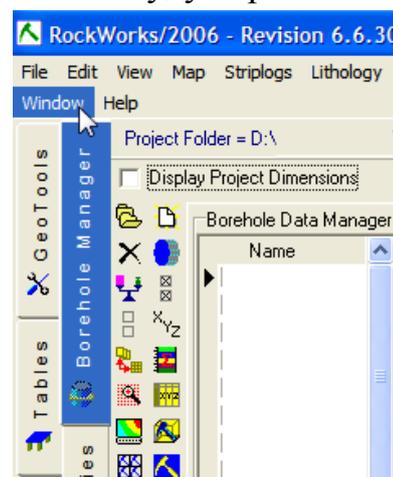
В соответствии с первым определением проект *Borehole Manager* понимается как папка или каталог файловой системы Windows [5]. В этой папке будут храниться все сведения по скважинам изучаемого месторождения или участка.

Для создания такой папки в среде модуля *Borehole Manager* необходимо выполнить следующие шаги:

- 1 Запустить *RockWorks 2006*.
- 2 В главном окне программы необходимо открыть закладку Borehole Manager.
- 3 Выполнить каскад File→New Project, после чего откроется диалоговое окно Create New Project
- 4 Нажав на кнопку <Select a directory> мы открываем каталожное дерево файловой системы (окно Project Folder), выделяем родительский каталог (на рисунке он называется ОКТРГЗ) и нажимаем кнопку <Создать папку>.

После этих действий в родительском каталоге возникнет пустая новая папка, которой надо присвоить некоторое осмысленное наименование Вашего проекта, например «Практикум».

Нажав <ОК> Вы закроете окно Project



Folder и теперь в поле Name окна Create New Project будет представлен путь до новой проектной папки.

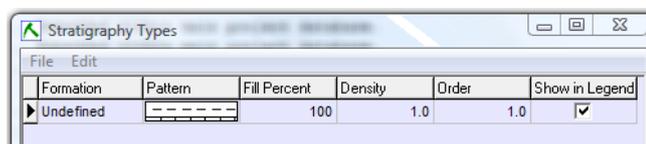
Окно Create New Project позволяет использовать в новом проекте справочники и имена признаков и скважины проекта *Borehole Manager*, открытого в данный момент, т.е. текущего проекта. Если же мы хотим создать абсолютно новый проект с чистого листа, то следует удалить все галочки из 5 (пяти) информационных полей и активизировать радиокнопку <None> в блоке Borehole Data.

2.2 Создание справочников

2.2.1 Справочник стратиграфии

В терминологии *Borehole Manager* справочник стратиграфических подразделений проекта носит название Stratigraphy Types. Для его создания в среде *RockWorks 2006* необходимо открыть закладку Tables и в открывшемся окне выполнить *двойной клик* по строке Stratigraphy Types.

Тут же откроется соответствующее диалоговое окно.



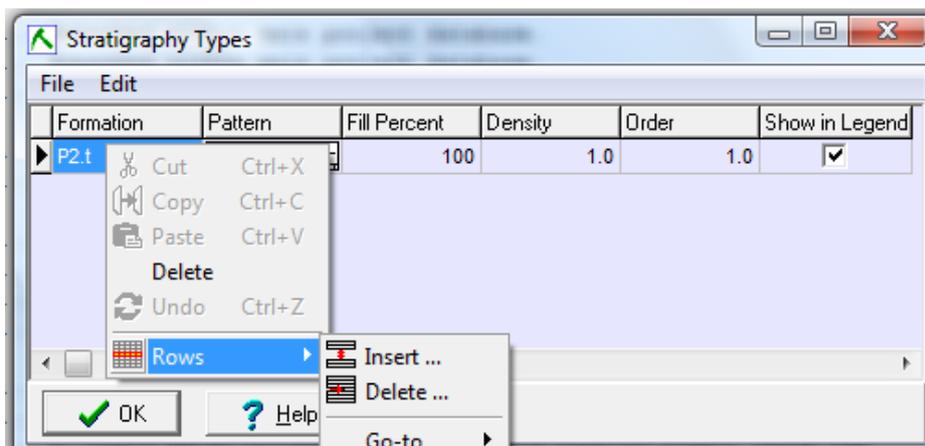
В столбец Formation мы должны перенести данные из заранее подготовленной таблицы 3. Это может быть любой её столбец, но при его выборе следует учитывать особенности западных программных комплексов, которые иногда неверно отображают символы кириллического алфавита. Это касается и модуля *Borehole Manager*, который нормально представляет кириллицу на двумерной графике (картах и разрезах), но делает кириллический текст совершенно нечитаемым в трёхмерных блок-диаграммах и моделях. По этой причине в столбец Formation лучше заносить стратиграфические индексы, представленные латиницей.

Таблица 7

Формация	Индекс
Мезокайнозой	KZ+MZ
Татарский	P2.t
Казанский	P2.kz
Уфимский	P2.uf
Кунгурский	P1.kg
Артинский	P1.art

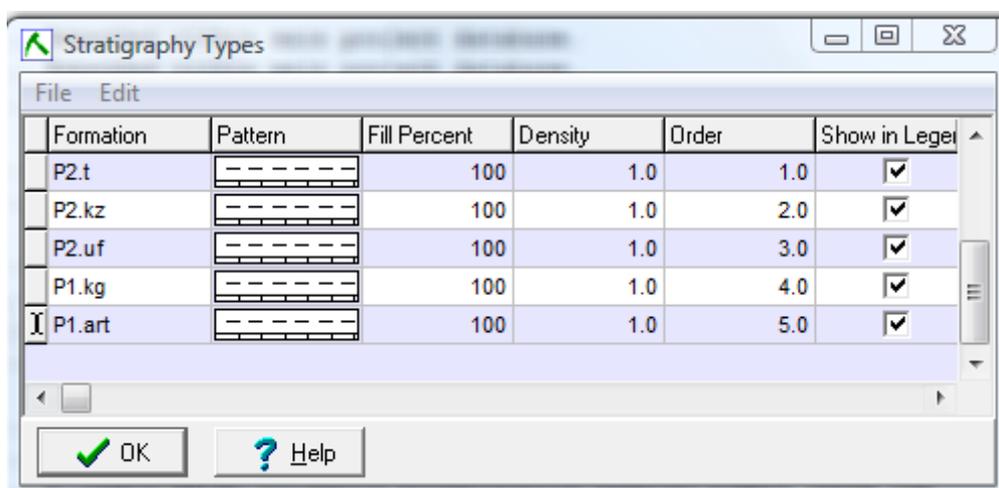
При заполнении справочника стратиграфии необходимо следить, чтобы молодые формации сменялись более древними сверху-вниз. Алгоритм заполнения справочника следующий.

- 1 После ввода данных в очередную ячейку графы Formation необходимо осуществить по ней правый клик.
- 2 Из появившегося контекстного меню выбрать пункт Rows(строки) и выбрать из дополнительного каскада пункт Insert (вставить)



- 3 Над введённой строкой появится дополнительная незаполненная строка, куда Вы занесёте очередное стратиграфическое подразделение.
- 4 Возврат к пункту 1, пока не будут введены все данные.

При таком способе, стратиграфические подразделения занесутся в справочник в обратном порядке, поэтому чтобы изменить его на правильный, занесите в в столбец Order (порядок) порядковые номера элементов разреза начиная с нижних и нажмите <OK>.



После этих действий таблица стратиграфии автоматически перенумеруется в нужной последовательности.

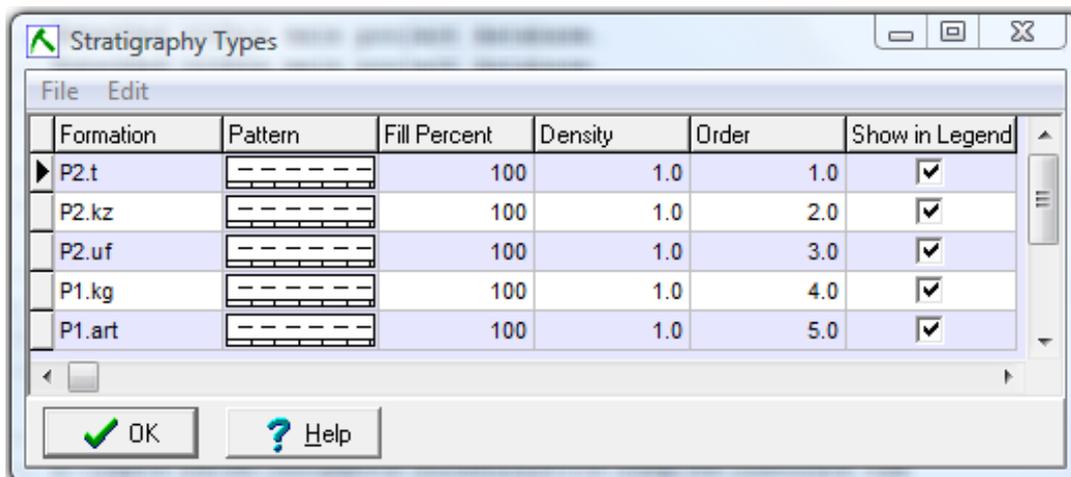
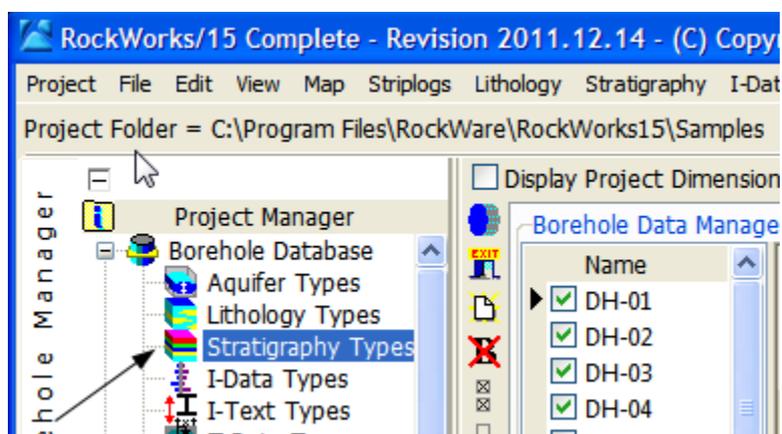


Рисунок 6- Перенумерованный справочник *Stratigraphy Types*

Для доступа к справочнику *Stratigraphy Types* в последней версии комплекса *RockWorks 15* не требуется открывать вкладку *Tables*. Все справочники перечисляются в левом окне содержания и активизируются двойным кликом, что иллюстрируется нижеследующим рисунком. После этого вся технология его заполнения аналогична вышеописанной.



Условные обозначения элементов справочников

Модуль *Borehole Manager* предоставляет его пользователям возможность выбирать, а также создавать геологические штриховки, крап и цвет любых элементов справочного фонда. В дальнейшем эти условные знаки будут автоматически появляться на всех двумерных иллюстрациях и моделях (картах, разрезах скважин, профилях), создаваемых с помощью его инструментария.

Для доступа к этой возможности достаточно выполнить двойной клик по нужной ячейке графы Pattern любого справочника (рисунок 6). В ответ на это действие откроется диалоговое окно Select Pattern (Выбрать штриховку). Его элементы показаны на рисунке 7.

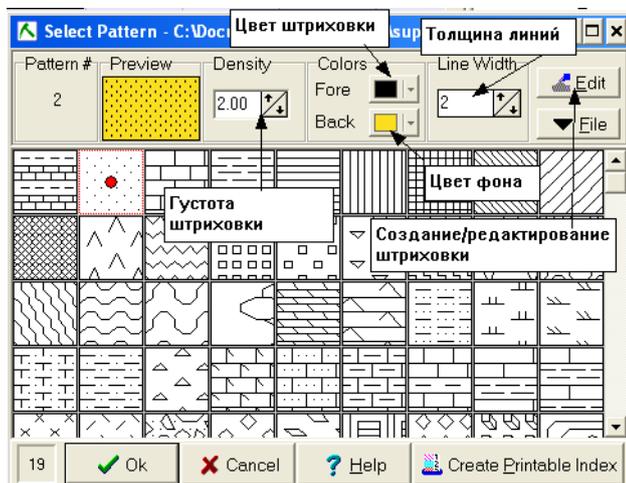
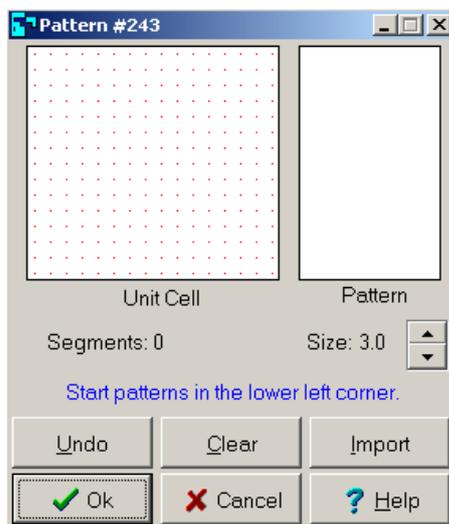


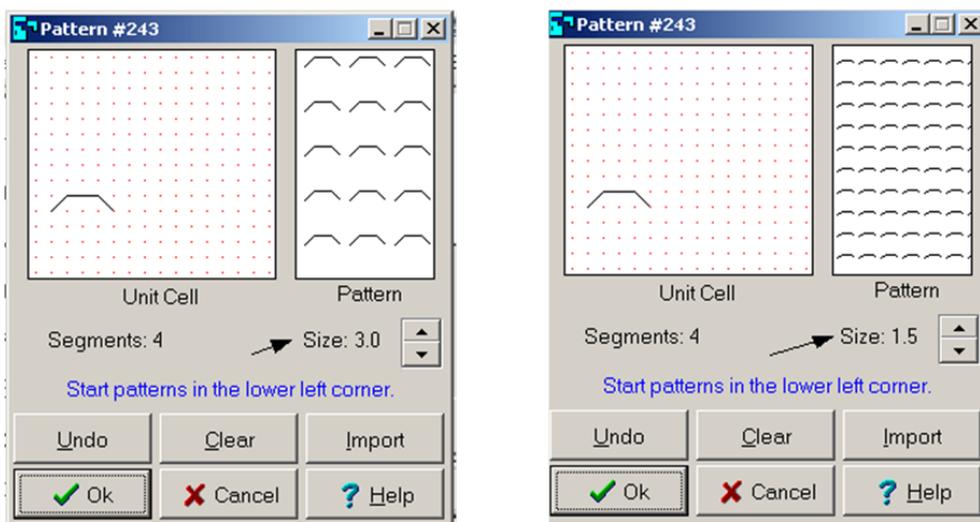
Рисунок 7- Окно выбора условных обозначений элементов справочников

Богатая библиотека штриховок в окне выбора обычно позволяет выбрать подходящий вариант, но если это не удалось, можно создать свой собственный образец, удовлетворяющий самым строгим корпоративным стандартам. Для этого надо выбрать подходящую ячейку палитры крапов (можно совершенно пустую) и щёлкнуть по кнопке <Edit>, размещённой в верхнем правом углу палитры образцов (см. рисунок 7).

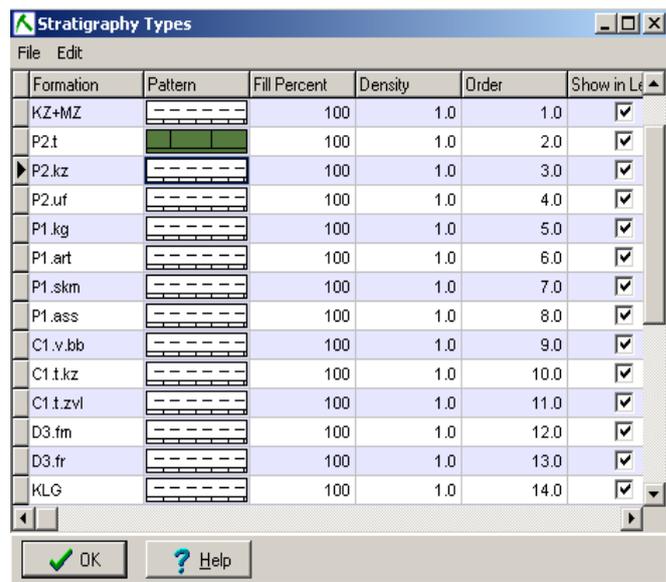
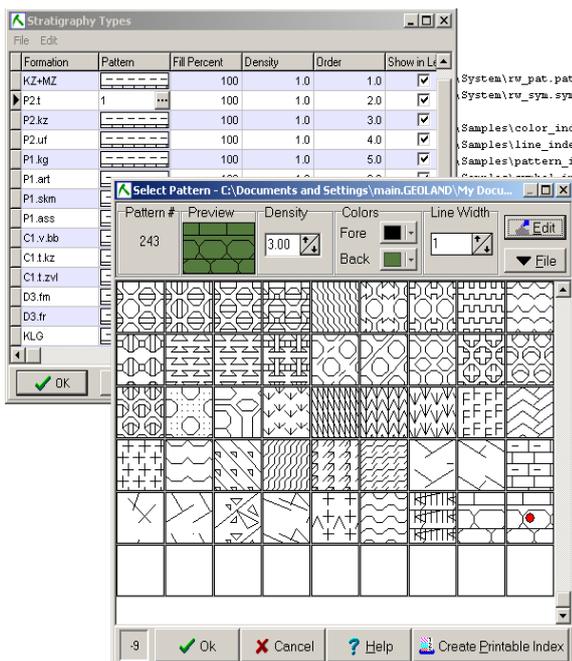
Тут же откроется специальная панель ячейки, состоящая из двух окон: окна трафарета (Unit Cell) и окна представления (Pattern).



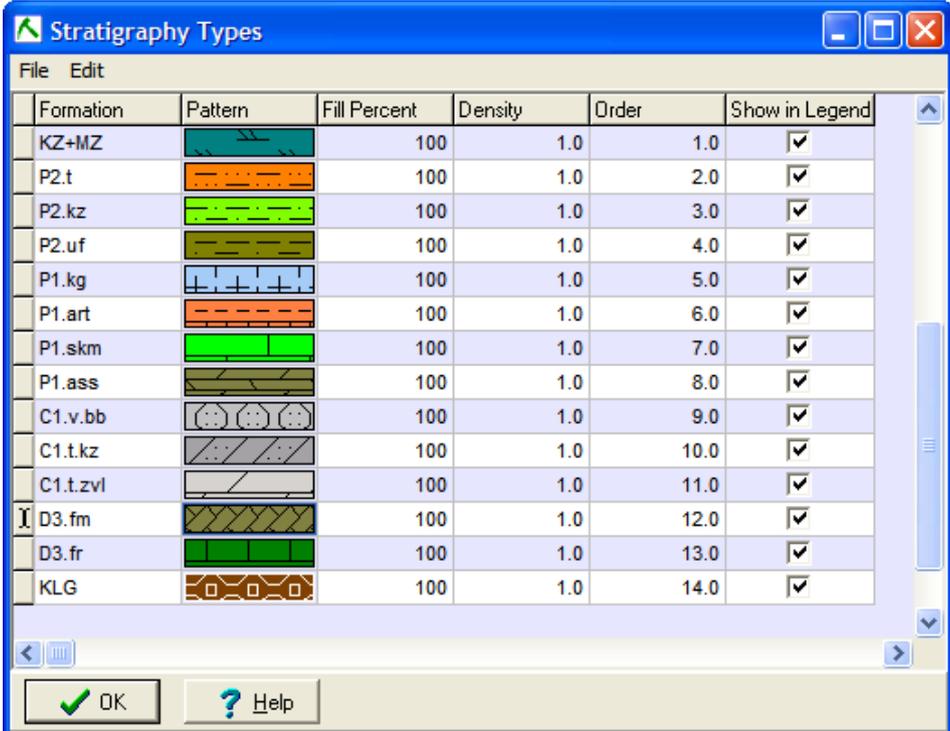
Соединяя точки окна трафарета в нужной последовательности (при нажатой левой клавише мыши) рисуем условный знак. Одновременно, в окне представления будет виден результат этих действий. Каждая созданная линия множится соответственно параметру Size, действующему на данный момент.



Предположим, что мы построили нужный условный знак и запомнили его в ячейке № 243. Чтобы его использовать следует дважды щёлкнуть на изменяемой ячейке столбца Pattern панели Stratigraphy Types, допустим P2.t и указать в появившейся легенде подготовленную ячейку №243. Её содержимое заменит содержимое столбца Pattern.



Эту работу необходимо проделать для всех подразделений справочника. В окончательном виде он может выглядеть так.



Formation	Pattern	Fill Percent	Density	Order	Show in Legend
KZ+MZ		100	1.0	1.0	<input checked="" type="checkbox"/>
P2.t		100	1.0	2.0	<input checked="" type="checkbox"/>
P2.kz		100	1.0	3.0	<input checked="" type="checkbox"/>
P2.uf		100	1.0	4.0	<input checked="" type="checkbox"/>
P1.kg		100	1.0	5.0	<input checked="" type="checkbox"/>
P1.art		100	1.0	6.0	<input checked="" type="checkbox"/>
P1.skm		100	1.0	7.0	<input checked="" type="checkbox"/>
P1.ass		100	1.0	8.0	<input checked="" type="checkbox"/>
C1.v.bb		100	1.0	9.0	<input checked="" type="checkbox"/>
C1.t.kz		100	1.0	10.0	<input checked="" type="checkbox"/>
C1.t.zvl		100	1.0	11.0	<input checked="" type="checkbox"/>
D3.fm		100	1.0	12.0	<input checked="" type="checkbox"/>
D3.fr		100	1.0	13.0	<input checked="" type="checkbox"/>
KLG		100	1.0	14.0	<input checked="" type="checkbox"/>

Следует обратить внимание на птички в графе Show in Legend. Они означают, что соответственный элемент справочника будет показан в легенде условным знаком. Если стратиграфическое подразделение характеризуется чрезвычайно малой мощностью или отсутствует в конкретном разрезе, эту птичку можно убрать. Тогда оно не будет присутствовать в легендах на картах, разрезах и трёхмерных моделях недр.

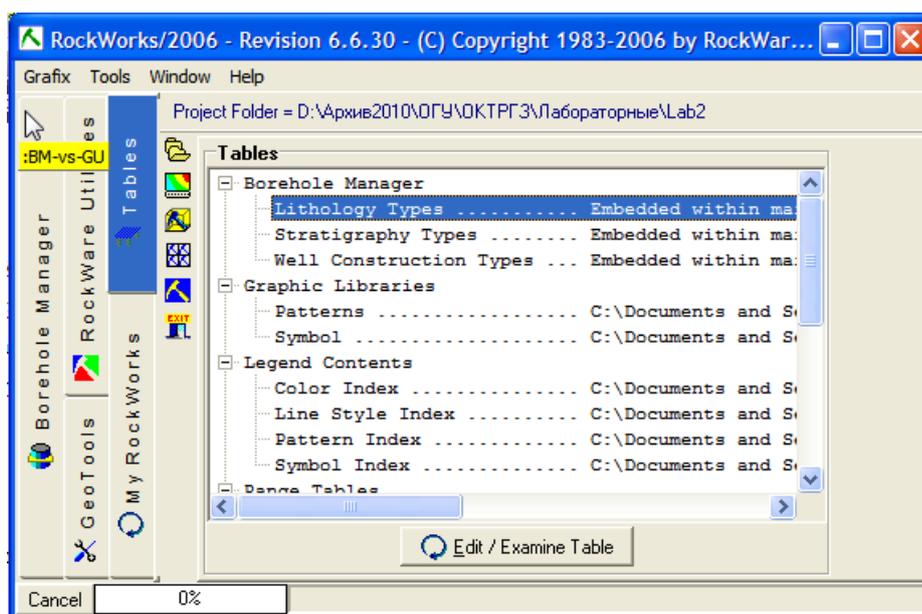
Степень заполнения столбца Pattern на будущих разрезах скважин регулируется значениями ячеек в графе Fill Percent. Графа Density содержит значения плотности соответствующих элементов разреза, что позволяет в дальнейшем рассчитывать не только объёмы создаваемых моделей, но и вес.

2.2.2 Справочник литологии

Модуль *Borehole Manager* предоставляет его пользователям возможность выбирать, а также создавать геологические штриховки, крап и цвет любых элементов справочного фонда. В дальнейшем эти условные знаки будут автоматически появляться на всех двумерных иллюстрациях и моделях (картах, разрезах скважин, про-

филях), создаваемых с помощью его инструментария.

В терминологии модуля *Borehole Manager* справочник литологических разновидностей сводного геологического разреза проекта носит название Lithology Types. Для его создания в среде *RockWorks 2006* необходимо открыть закладку Tables и в открывшемся окне выполнить *двойной клик* по строке Lithology Types.



Заполнение данного справочника ничем не отличается от предыдущего случая, за исключением того, что в литологическом справочнике порядок следования его элементов не имеет значения. Он может быть любым, и поэтому графа Order в этом справочнике отсутствует.

2.3 Импорт-экспорт справочников

Создание справочников- довольно трудоёмкий процесс и не всегда имеет смысл создавать их заново. Очень часто уже готовые справочники могут, после некоторой модернизации, с успехом использоваться в новых проектах модуля *Borehole Manager*. Для этой цели предусмотрены операции файлового импорта-экспорта содержимого справочников, что позволяет осуществлять обмен ими между уже существующими проектами.

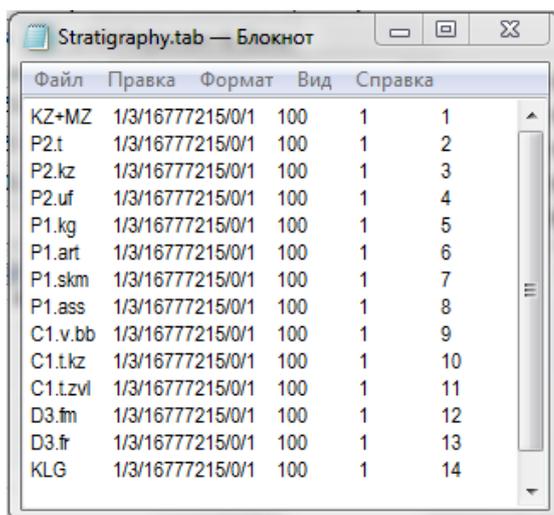
Рассмотрим сначала операцию экспорта. Она означает вывод содержимого проекта в виде поименованного текстового файла, который может быть запомнен в

любой папке файловой системы, в том числе и проектной.

Для организации экспорта следует открыть окно соответствующего справочника и выполнить каскад File→Export to an ASCII File...

Откроется окно браузера сохранения и экспортируемый файл сохранится в заданной папке с именем *Имя.tab*. Здесь в качестве имени используется название справочника, например: Stratigraphy.tab или Lithology.tab.

Результирующий файл экспорта стратиграфического справочника открытый редактором *Блокнот* выглядит следующим образом.



Файл	Правка	Формат	Вид	Справка	
KZ+MZ	1/3/16777215/0/1	100	1	1	
P2.t	1/3/16777215/0/1	100	1	2	
P2.kz	1/3/16777215/0/1	100	1	3	
P2.uf	1/3/16777215/0/1	100	1	4	
P1.kg	1/3/16777215/0/1	100	1	5	
P1.art	1/3/16777215/0/1	100	1	6	
P1.skm	1/3/16777215/0/1	100	1	7	
P1.ass	1/3/16777215/0/1	100	1	8	
C1.v.bb	1/3/16777215/0/1	100	1	9	
C1.t.kz	1/3/16777215/0/1	100	1	10	
C1.t.zvi	1/3/16777215/0/1	100	1	11	
D3.fm	1/3/16777215/0/1	100	1	12	
D3.fr	1/3/16777215/0/1	100	1	13	
KLG	1/3/16777215/0/1	100	1	14	

Рисунок 8- Файл экспорта справочника стратиграфии *Stratigraphy.tab*

В дальнейшем этот файл может быть импортирован в совершенно незаполненный справочник стратиграфии. Для этого нужно знать место его расположения в файловой системе и из меню «пустого» справочника выполнить каскад: File→Import from an ASCII File...

После этого справочник заполнится данными импортируемого файла. Перенесутся не только наименования элементов справочника, но и условные обозначения и все служебные настройки.

2.4 Информационное наполнение проекта

К настоящему моменту мы создали папку проекта и подготовили информацию, необходимую для описания геологического строения интересующего нас участка.

Однако *Borehole Manager* не может использовать эти сведения до тех пор, пока они не введены в специальную информационную структуру- реляционную базу данных этого модуля, которая автоматически возникает в проектной папке уже при её создании.

2.4.1 База данных Borehole Manager

Несмотря на то, что ранее мы подготовили необходимые информационные наборы модуль *Borehole Manager* не может ими воспользоваться до тех пор, пока они не будут введены в его базу данных (БД). БД модуля представляет собой специализированную информационную структуру, возможности которой определяются свойствами используемых систем управления базами данными (СУБД), установленными на Ваш компьютер. В простейшем случае (*Rockworks 2006*) это вариант реляционной СУБД- MS Office Access [6].

Для версии *Rockworks 15* имеется возможность подключения более совершенной MS SQL Server. Несмотря на значительные отличия этих инструментов, интерфейс пользователя *Borehole Manager* меняется незначительно, что очень помогает при переходе к более сложным версиям БД.

Созданная база данных проекта хранится в проектной папке, имеет её же название и легко переносится на разные компьютеры путём простого копирования. Разумеется, на этих компьютерах должна быть установлена соответствующая СУБД.

Организация базы данных Borehole Manager

Borehole Manager является программным приложением, эксплуатирующим встроенную реляционную базу данных. Она хранит информацию по скважинам текущего проекта и позволяет управлять ею. Это управление заключается в возможности добавления и удаления скважин, их выбора и коррекции фиксированного числа их характеристик.

Информация по скважинам вводится в комплект электронных таблиц, размещённых на вкладках, специфичных для каждого типа данных и представляющих собой главный интерфейс базы данных проекта.

Borehole Data Manager (43 boreholes)

Name	Location	Orientation	Lithology	Stratigraphy	Intervals (I-Data)	Points (P-Data)	Fractures	Water Levels	Symbols	Patterns	Bitmaps
	Depth to Top	Depth to Base	Outer Diameter	Inner Diameter	Material	Offset	Caption				
<input checked="" type="checkbox"/> DH-01											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-02											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-03											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-04											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-05											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-06											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-07											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-08											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-09											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-10											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-11											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-12											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-13											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-14											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-15											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-16											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-17											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-18											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-19											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-20											
<input checked="" type="checkbox"/> DH-21											

Например, вкладка **Lithology** предназначена для хранения поинтервальной информации о литологическом разрезе, а геофизические данные хранятся во вкладке **Points (P-Data)**. Это означает, что результаты данных исследований приурочены к точкам ствола скважины и однозначно привязаны по глубине, в отличие от интервальных данных, которые распределяются по заданным интервалам глубин.

Разумеется, геолог сам может выбирать- какие данные в какой вкладке хранить. Например, данные результатов бороздового опробования керна логично накапливать во вкладке **Intervals (I-Data)**, но не возбраняется сохранять их в виде точечных данных, по аналогии с данными каротажа.

Главная панель содержит 13 вкладок разной структуры, посредством которых осуществляется управление данными всего проекта. Наименования вкладок составлены по мнемоническому принципу- они отражают типы данных, для хранения которых они предназначены. Многие поля вкладок фактически представляют собой гиперссылки на соответствующие справочники и не требуют ввода интерактивных данных.

Несколько упрощённо, организация, структура и содержание вкладок интерфейса базы данных **Borehole Manager*** представлены в таблице 8.

* Версия Rockworks 2006

Таблица 8 – Краткое описание содержания вкладок БД модуля Borehole Manager

Название	Содержание	Описание
<i>Location</i>	Месторасположение	Координаты заложения скважины
<i>Orientation</i>	Направление	Ориентация невертикального отрезка ствола
<i>Lithology</i>	Литология	Литологическое описание
<i>Stratigraphy</i>	Стратиграфия	Стратиграфическое описание
<i>Intervals (I-Data)</i>	Интервальные данные	Цифровые интервальные данные
<i>Points (P-Data)</i>	Точечные данные	Цифровые точечные данные
<i>Fractures</i>	Трещиноватость	Описание трещиноватости
<i>Water Levels</i>	Уровень воды	Зеркало подземных вод
<i>Symbols</i>	Условные знаки	Обозначения разных типов скважин
<i>Patterns</i>	Штриховки	Условные обозначения геологического разреза
<i>Bitmaps</i>	Растровые картинки	Файловый путь до растровых картинок и фото, иллюстрирующих разрез скважины
<i>Vector</i>	Направленные данные	Сведения о привязке по глубине векторных данных и характеристики вектора
<i>Well Constructions</i>	Конструкция скважины	Описание элементов конструкции и пояснительный текст

Вышеперечисленные вкладки заполняются данными подготовленными по правилам и форматам, приведённым в разделе «Подготовка данных».

Вкладка Location (Местоположение)

Используется для ввода:

- 1 Наименования скважины (*ID*).
- 2 Координаты заложения *X* (*Easting*).
- 3 Координаты заложения *Y* (*Northing*).
- 4 Альтитуды (*Surface elevation*).
- 5 Глубины скважины (*Total depth*).

Имеются также поля для комментариев и дополнительных параметров привязки скважины в географических координатах (Longitude, Latitude), которые могут использоваться при пересчёте в прямоугольные координаты. Здесь также можно выбрать соответствующий условный знак для скважины.

Вкладка Orientation (Направление ствола)

Используется для ввода данных по искривлённым участкам ствола скважины:

- 1 Глубина (Depth).
- 2 Азимут (Bearing).
- 3 Зенитный угол (Inclination). Особенностью является то, что значение 0° принадлежит горизонтальным фрагментам ствола; вертикальное (вниз) направление обозначается как минус 90° , а вертикальное (вверх) как плюс 90° .

Для вертикальных скважин эту вкладку можно не заполнять.

Вкладка Lithology (Литология)

Предназначена для ввода данных по литологическим разновидностям, пересечённых скважиной. Вкладка связана с библиотекой литологических типов пород и соответствующими образцами штриховок. Они поставляются вместе с программой, но могут быть созданы самостоятельно.

Данные по литологии отображаются на 2D и 3D планшетах, разрезах, блок-диаграммах, картах и пространственных моделях. Поля вкладки:

- 1 Глубина до кровли (Depth to Top).
- 2 Глубина до подошвы (Depth to Base).
- 3 Название (Keyword).
- 4 Описание (Description).

Вкладка Stratigraphy (Стратиграфия)

Предназначена для ввода данных по стратиграфическим отбивкам вдоль ствола скважины. Эта вкладка связана с пополняемой библиотекой стратиграфических наименований (справочником Stratigraphy Types) и соответствующими образцами

условных знаков. Они поставляются вместе с программой, но могут быть созданы самостоятельно.

Данные по стратиграфии используются при структурном картировании, создании карт изопахит, разрезах, блок-диаграммах и др. Поля вкладки:

- 1 Глубина до кровли (Depth to Top).
- 2 Глубина до подошвы (Depth to Base).
- 3 Название (Formation).

Вкладка Intervals (Интервальные данные)

Используется для хранения данных, полученных при исследованиях, охватывающих определённый интервал ствола скважины, например- геохимическом опробовании. Эти данные впоследствии могут быть отображены в виде столбчатых диаграмм на разрезах скважин, при построении вертикальных профилей, разрезов, карт и 3D-моделей.

Поля вкладки:

- 1 Глубина до кровли (Depth to Top).
- 2 Глубина до подошвы (Depth to Base).
- 3 Наименование i-го признака, значение которого представлено в соответствующей ячейке электронной таблицы. Таким образом, число признаков, характеризующих заданный интервал неограниченно.

Вкладка Points (Точечные данные)

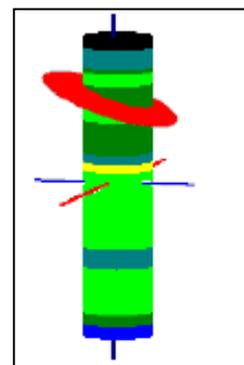
Используется для хранения данных, полученных при исследованиях, приуроченных к определённой точке ствола скважины, например- каротаже. Эти данные впоследствии могут быть отображены в виде кривых на разрезах скважин, при построении вертикальных профилей, разрезов, карт и 3D-моделей. Поля вкладки:

- 1 Глубина (Depth).
- 2 Наименование i-го признака, значение которого представлено в соответствующей ячейке электронной таблицы. Таким образом, число признаков, характеризующих заданную глубину неограниченно.

Вкладка Fractures (Трещиноватость)

Используется для хранения данных о трещиноватости горных пород, которые предполагается отобразить на каротажных диаграммах или разрезах скважин, картах и т.п. Поля вкладки:

- 1 Глубина (Depth) Вводится глубина очередной трещины (разлома, зоны и т.д). Это значение должно быть положительным.
- 2 Направление (Direction) Означает азимут падения трещины (0-360°).
- 3 Угол падения трещины (Dip Angle) Значение угла должно быть приведено к следующей шкале: 0= горизонталь; минус 90= отвесно вниз; 90= вертикально вверх.
- 4 Цвет (Color) Дважды щёлкнув «мышкой» по столбцу можно выбрать цвет воображаемого диска, представляющего трещину. Этот диск может быть показан на разрезах и каротажных диаграммах.
- 5 Радиус (Radius) Щёлкнув на ячейке можно ввести значение для радиуса влияния трещины в единицах, принятых в данном проекте (метры, футы, дюймы ..).
- 6 Раскрытие (Aperture) Вводится величина раскрытия трещины в тех же единицах что и Радиус.



Вкладка Water Levels (Уровень подземных вод)

Предназначена для ввода и хранения данных по уровням подземных вод, замеренных вдоль ствола скважины в различных водоносных горизонтах. Эта информация используется при построении разрезов, отображается на каротажных диаграммах, картах, блок-диаграммах и т.д. Поля вкладки:

- 1 Дата замера (Date).
- 2 Глубина до кровли водоносного горизонта (Depth to Top).
- 3 Глубина до подошвы водоносного горизонта (Depth to Base).

Вкладка **Symbols** (Условные обозначения для ствола скважины)

Используется для задания специальных условных обозначений для отрезков ствола скважины.

Поля вкладки:

- 1 Глубина (Depth). Вводится выбором нужной даты из календаря, открывающегося при двойном щелчке по этому полю.
- 2 Символ (Symbol). Условный значок для данной глубины. Выбирается из таблицы, возникающей, после щелчка по данному полю.
- 3 Пояснение(Caption). Слово или поясняющая фраза для выбранного значка.

Вкладка **Patterns** (Геологические условные обозначения)

Используется для задания условных обозначений явлений и объектов, связанных с определёнными интервалами ствола скважины. Эта информация отображается на разрезах, каротажных диаграммах, картах, блок-диаграммах и т.д.

Поля вкладки:

- 1 Глубина до кровли (Depth to Top).
- 2 Глубина до подошвы (Depth to Base).
- 3 Штриховка (Pattern). Чтобы выбрать вариант штриховки разреза, необходимо дважды щёлкнуть по этому столбцу. Появится таблица штриховок. Если желаемого образца штриховки нет, то его можно создать самостоятельно.
- 4 Пояснение(Caption). Слово или поясняющая фраза для выбранного значка.

Вкладка **Bitmaps** (Растровые картинки)

Используется для хранения растровых картинок, связанных с определёнными интервалами ствола скважины. Это могут быть, например фотографии образцов керна.

Поля вкладки:

- 1 Глубина до кровли (Depth to Top).
- 2 Глубина до подошвы (Depth to Base).
- 3 Шапка растра (Header Base). Количество строк пикселей на поясняющую информацию, записанную в верхней части растра. Оно будет пропущено при визуализации.
- 4 Подпись растра (Footer Top). Количество строк пикселей на поясняющую информацию, записанную в нижней части растра. Оно будет пропущено при визуализации.
- 5 Имя графического файла типа (BMP, JPG, TIF, EMF, WMF, PNG, PCX, TGA и др), в котором хранятся растровые образы.

Вкладка Vector (Данные о направлениях)

Используется для хранения информации об анизотропии недр. Это могут быть направления элементов залегания пластов, движения подземных вод и т.п.

Вкладка содержит 5 полей:

- 1 Глубина (Depth).
- 2 Азимут (Azimuth).
- 3 Зенитный угол (Inclination). Значение 0 – горизонталь, минус 90- вертикально вниз, плюс 90- вертикально вверх.
- 4 Цвет стрелки вектора (Color). Выбирается из цветовой палитры по двойному щелчку на ячейке данного поля.
- 5 Значение или «сила» вектора (Value).

Вкладка Well Construction (Конструкция скважин)

Предназначена для хранения данных о конструктивных элементах скважин, материалах и текстовых пояснений. Содержит 7 полей:

- 1 Глубина до верха конструктивного элемента (Depth to Top).
- 2 Глубина до низа конструктивного элемента (Depth to Base).
- 3 Внешний диаметр конструктивного элемента (Outer Diameter).
- 4 Внутренний диаметр конструктивного элемента (Inner Diameter).

- 5 Материал конструктивного элемента (Material). Выбирается из заранее заполненного справочника Well Construction Type Table по двойному щелчку на ячейке данного поля.
- 6 Смещение от центра ствола (Offset).
- 7 Подписи, которые будут отображены на диаграмме ствола скважины (Caption).

2.4.2 Ввод данных в базу данных Borehole Manager

Создание и удаление скважин

Ввод новых скважин возможен двумя способами- интерактивным и пакетным, с помощью импорта из внешних источников данных. В простейшем случае ввод осуществляется:

- каскадным выбором пункта меню *File*→*New Log*. Каскад открывает окно New Borehole;
- вводом нового имени скважины, например "142A". Это имя становится именем файла 142A.BH, который будет храниться в папке текущего проекта;
- вводом прямоугольных координат Easting (X) и Northing (Y);
- вводом альтитуды устья (земли или ротора);
- вводом глубины скважины;
- нажатием кнопки <OK>.

The image shows a dialog box titled "New Borehole". It has a close button in the top right corner. Below the title bar is a section labeled "Required Fields" which contains five input fields: "Borehole Name", "Easting", "Northing", "Elevation", and "Total Depth". At the bottom of the dialog are three buttons: "OK" with a green checkmark, "Cancel" with a red X, and "Help" with a question mark.

Помимо этого в закладке Location существует ещё ряд дополнительных полей, заполнить которые можно в любой время.

Созданные скважины выстраиваются в интерфейсе БД *Borehole Manager* в лексикографическом порядке. Это означает, например, что скважина 10 (десять) будет расположена перед скважиной 2 (два).

Удаление *выбранных* скважин производится командой *File*→*Erase Log*.

После создания скважин проекта поля вкладок базы данных проекта могут быть заполнены интерактивно. Ниже излагаются порядок и правила этой работы.

Вкладка Location

Большинство данных в эту вкладку вводятся автоматически в процессе создании скважин. Ввод дополнительных параметров возможен после открытия вкладки, которая изображена справа.

Вкладка позволяет выбрать условный знак для скважин разного назначения (двойной клик по значку поля **Symbol**) и разрешает ввод 7 опциональных параметров. Их отображение можно отключить, убрав птичку в окошке **Optional Field**.

Следует иметь в виду, что данные, отражаемые во вкладке **Location**, всегда соответствуют выбранной скважине проекта, отмеченной указателем.

После ввода всех данных интерфейс скважин в окне **Borehole Data Manager** может выглядеть как на рисунке справа.

Обратите внимание на лексикографическую сортировку скважин. Это объясняется тем, что их наименования воспринимаются **Borehole Manager** как текстовые, а не числовые строки.

Вкладка Orientation

Кривизна стволов скважин задаётся через вкладку **Orientation**, которая выглядит как на рисунке справа.

После выбора невертикальной скважины из окна **Borehole Data Manager**, в её ячейки заносятся данные из таблицы инклинометрии, подготовленной ранее (таблица 2).

Location	Orientation	Lithology	Stratigraphy	Interval
Depth	Azimuth	Inclination		
	0.0	202.4471658	-90.0	
1 191.1156371	220.5778645	-86.9573689		
1 331.5073523	263.7151506	-78.7680013		
1 348.6649045	267.9742749	-77.7671624		
1 363.2071158	271.3565748	-76.9188821		
1 386.4426467	276.2993541	-75.5635009		
1 404.0202424	279.6402076	-74.5381598		
1 440.9732446	285.4712867	-72.3826072		
1 445.4505965	286.0635777	-72.1214331		
1 542.8852364	292.4471658	-66.4378493		

Переход между ячейками осуществляется через клавишу <Tab>.

Вкладки Stratigraphy/Lithology

Пример оформления данных для поскважинного ввода элементов стратиграфического разреза приведён в таблице 5. Как и во всех предыдущих случаях перед вводом данных необходимо указать текущую скважину в окне Borehole Data Manager. Особенностью заполнения соответствующих вкладок, облегчающих эту операцию, является то, что названия стратиграфических формаций или горных пород для каждого пластопересечения не вводятся «вручную».

При щелчке по ячейке поля Formation вкладки Stratigraphy открывается список с наименованиями всех стратиграфических подразделений справочника Stratigraphy Types, из которых мы можем выбрать любое.

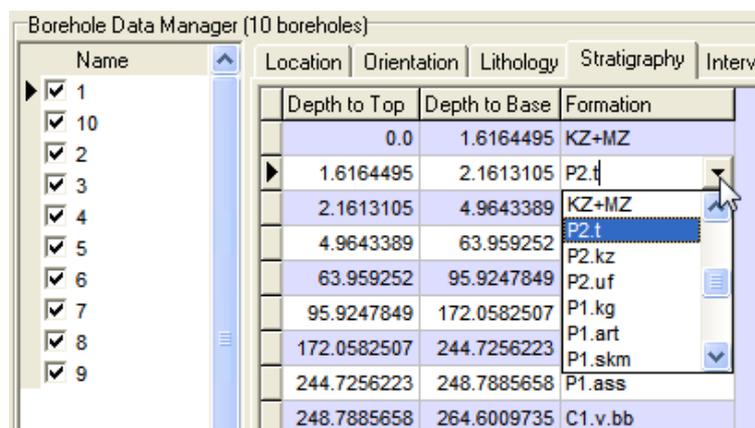


Рисунок 9- Заполнение графы Formation данными справочника Stratigraphy Types

Аналогичная возможность существует и для графы Keyword заполняемой значениями из справочника Lithology Types.

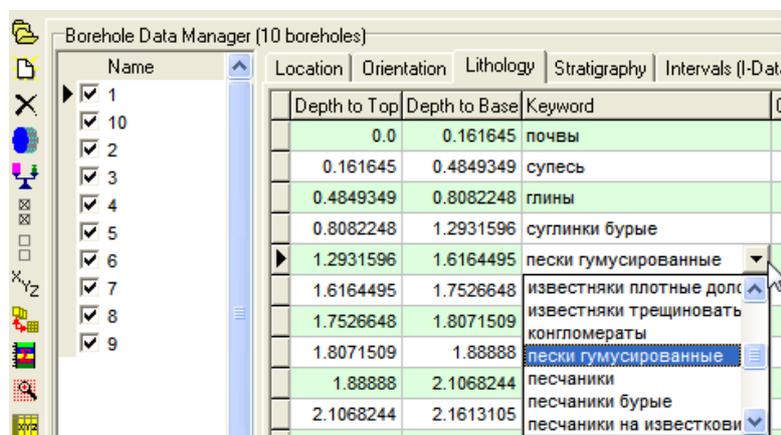


Рисунок 10- Заполнение графы Keyword данными справочника Lithology Types

Вкладка P - Data

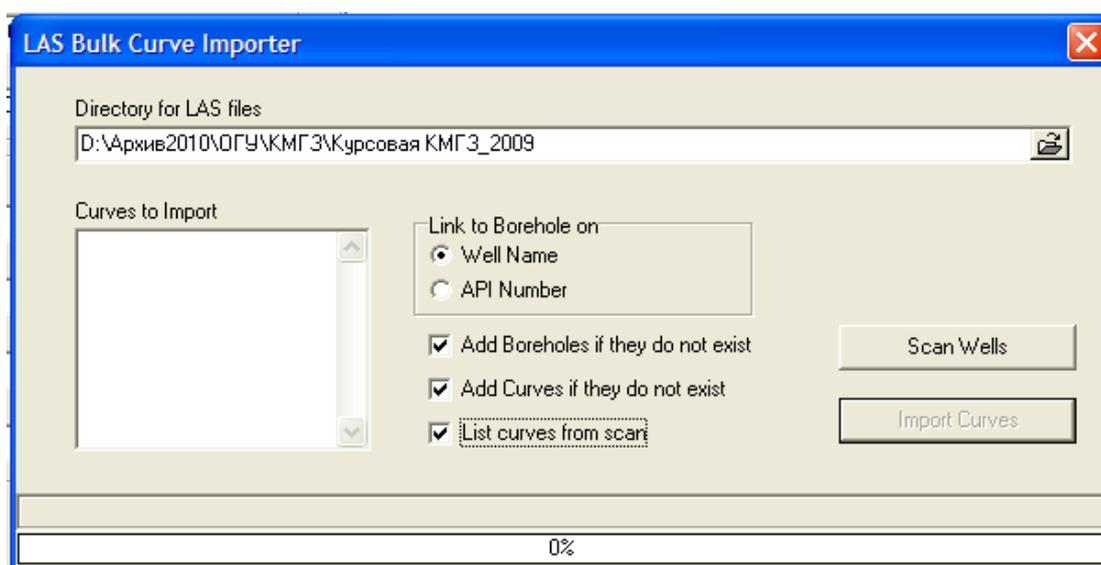
Вкладка P-Data предназначена для хранения данных, приуроченных к конкретной глубине ствола скважины. Это могут быть, например, результаты геохимического опробования или данные каротажных исследований. В тех случаях, когда они имеют файловое LAS-представление имеется возможность их импорта в базу данных *Borehole Manager*. Особенно интересен способ пакетной загрузки LAS-файлов одновременно для нескольких или даже для всех скважин проекта. Его осуществление предполагает некоторую «ручную» подготовку заголовков LAS-файлов, описанную подробно в подразделе 1.5.

Запуск пакетной загрузки производится каскадом File→Import→Multiple LAS...

После этого, на экране возникнет окно LAS Bulk Curve Importer с браузером Directory for LAS files, позволяющим указать папку с LAS-файлами скважин проекта.

После её выбора следует выбрать нужные параметры множественного импорта.

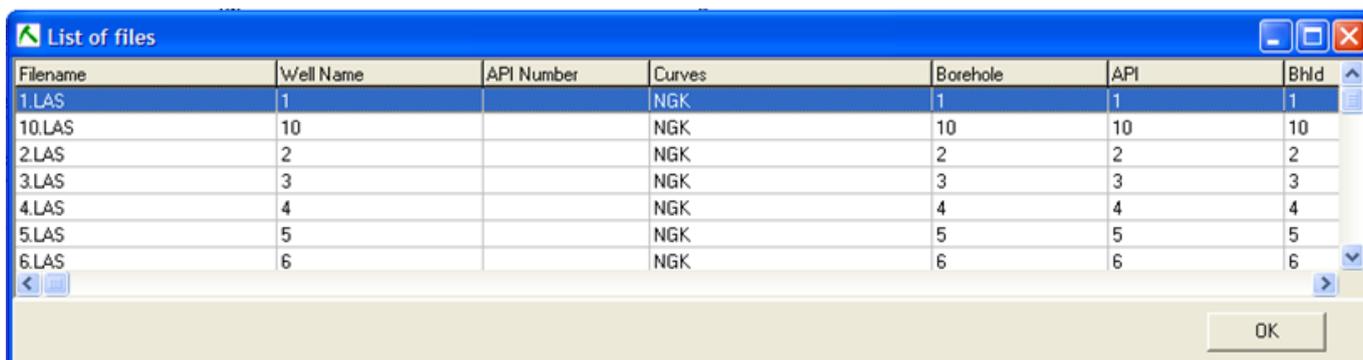
На рисунке выбран следующий вариант:



- в блоке Link to Borehole on (связать со скважиной по параметру) взведена радиокнопка <Well Name>. Это означает, что будет искаться соответствие имени скважины проекта и имени скважины в заголовке LAS-файла;
- установлен флажок Add Boreholes if they do not exist (добавить скважину, если её нет в проекте)

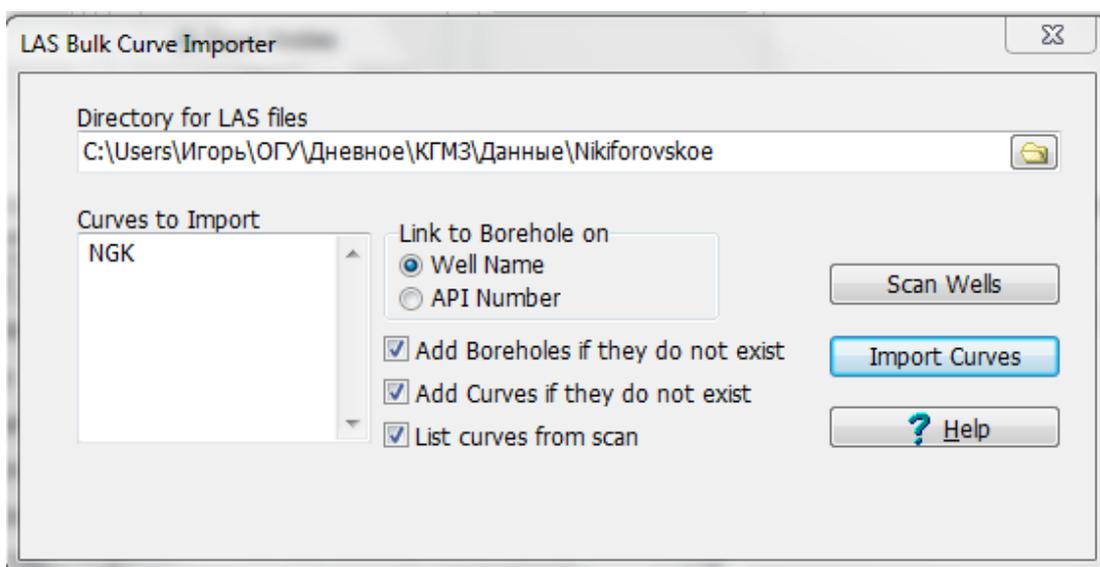
- установлен флажок Add Curves if they do not exist (добавить кривую, если её нет в проекте);
- установлен флажок Link curves from scan (показать список кривых после просмотра скважин).

Если теперь нажать на кнопку <Scan Wells>, автоматически появится список LAS-файлов, связанных со скважинами проекта.



Filename	Well Name	API Number	Curves	Borehole	API	BhId
1.LAS	1		NGK	1	1	1
10.LAS	10		NGK	10	10	10
2.LAS	2		NGK	2	2	2
3.LAS	3		NGK	3	3	3
4.LAS	4		NGK	4	4	4
5.LAS	5		NGK	5	5	5
6.LAS	6		NGK	6	6	6

Нажатие кнопки <OK> переоткрывает окно LAS Bulk Curve Importer, но уже с заполненным списком каротажных кривых. В нашем случае это одна кривая NGK.



Нажатие кнопки <Scan Wells> запускает процедуру пакетного импорта данных каротажа во вкладку P-Data.

2.5 Расчёт проектного грида

Уже после заполнения вкладки **Orientation** можно приступить к расчёту проектного грида. Все параметры и опции этой операции сосредоточены в одном элементе интерфейса **RockWorks**, который открывается при установке флажка **Display Project Dimensions**.

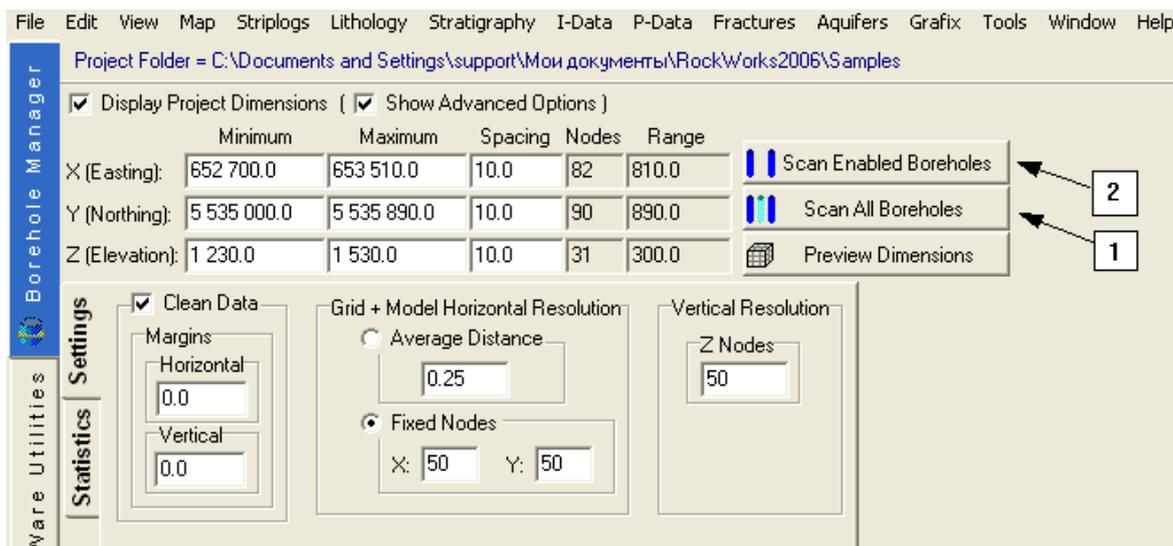


Рисунок 11- Интерфейс настройки проектного грида

Этот интерфейс позволяет:

- создать грид, охватывающий все скважины проекта. Для этого следует нажать, кнопку <Scan All Boreholes>, помеченную стрелкой 1 на рисунке 11;
- создать грид, охватывающей только выделенные скважины. Для этого следует кнопку <Scan Enabled Boreholes>, помеченную стрелкой 2.

Borehole Manager сканирует точки наблюдений по координатам X, Y, Z. При этом размерности проектируемого грида отражаются в девяти числовых полях.

Самым важным моментом настройки являются действия, влияющие на число ячеек по каждому из трёх его пространственных измерений создаваемой пространственной сетки. Возможность этих манипуляций появляется после установки флажка **Show Advanced Options**.

В общем случае увеличение числа ячеек ведёт к более тонкому и качественному моделированию геологической обстановки. Однако, при этом стремительно (в кубе) возрастает потребность в компьютерной памяти, что может себе позволить не

каждый. Таким образом, для продуктивной работы необходимо достичь разумного компромисса между желаемой точностью и допустимым временем отклика программной системы в целом.

2.5.1 Настройки проектного грида

Выбирая параметры пространственной сети проекта, геолог должен стремиться к формализованному описанию анизотропии недр. В некоторой степени этого можно добиться, управляя густотой сети вдоль каждой из трёх географических осей.

Например, имея дело с относительно изотропными шокверковыми месторождениями рудных формаций полезно использовать кубические ячейки грида. В условиях стратиформного разреза, число ячеек по оси Z, как правило, выбирается во много раз большим, чем в горизонтальной плоскости.

Тонкие настройки грида сосредоточены в блоках:

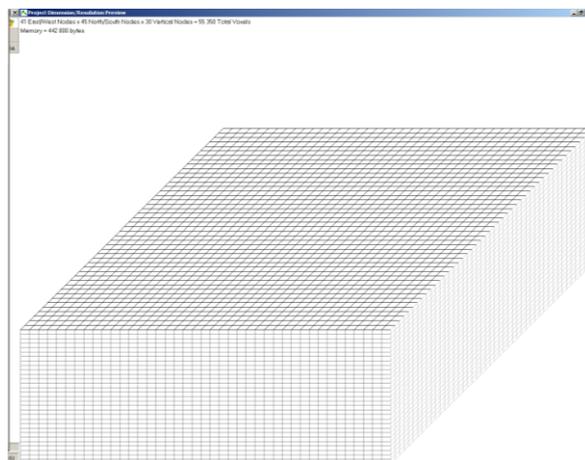
- Clean Data;
- Grid + Model Horizontal Resolution;
- Z Nodes.

Включение флажка Clean Data приводит к корректировке размерности грида по каждому измерению. Она заключается в переходе к целочисленным размерам ячеек, т.е. дробные доли округляются.

Радиокнопка <Average Distance>, что означает «средняя дистанция» предназначена для автоматического расчёта размера ячейки грида. При этом рассчитывается среднее расстояние между точками наблюдений, которое затем умножается на коэффициент, вводимый пользователем.

Радиокнопка <Fixed Nodes> (фиксированные узлы) предназначена для прямого ввода числа ячеек сети по осям X и Y создаваемого грида.

Кнопка <Preview Dimension> позволяет обозреть созданный грид.



2.6 Заполнение базы данных проекта через операции экспорта-импорта

При заполнении проекта данными возможен значительно более быстрый путь, чем примитивный ручной ввод информации в каждую вкладку базы данных *Borehole Manager*. Он состоит в использовании её информационной копии, функционирующей в среде иного приложения, например *MS Excel* [7].

Информационная копия может заполняться любым способом- «ручным» вводом данных или копированием их из другого внешнего хранилища. В нашем случае в этом качестве выступает заранее заполненная Excel-книга, которая называется *Data.xls*. Допустим, что её структура соответствует неким корпоративным стандартам организации- источника данных, которые совершенно не учитывают особенности базы данных проекта *Borehole Manager*.

Кроме очевидного повышения эффективности всех операций ввода, предлагаемый подход имеет ещё одно преимущество. Он практически исключает использование лицензии *Borehole Manager* при заполнении информационной копии проекта, что в экономическом плане очень выгодно.

После того, как информационная копия базы данных проекта будет заполнена, её легко импортировать обратно в среду *Borehole Manager*, организовав, таким образом, полноценный заполненный проект. Эта технология состоит из 6 шагов:

- 1 Создание нового проекта.
- 2 Создание информационной копии проекта.
- 3 Заполнение копии проекта данными из книги *Data.xls*.
- 4 Импорт заполненной копии в незаполненный проект.
- 5 Импорт справочников.
- 6 Импорт файлов LAS.

2.6.1 Создание нового проекта

Этот пункт подробно описан выше в подразделе 2.1 и потому здесь подробно не рассматривается. Предполагается, что мы сгенерировали в своей личной папке совершенно незаполненный проект.

2.6.2 Создание информационной копии проекта

Информационная копия базы данных проекта *Borehole Manager* создаётся путём его экспорта в формат *MS Excel*. Для этого выполним каскад *File*→*Export*→*XLS (Excel)*...

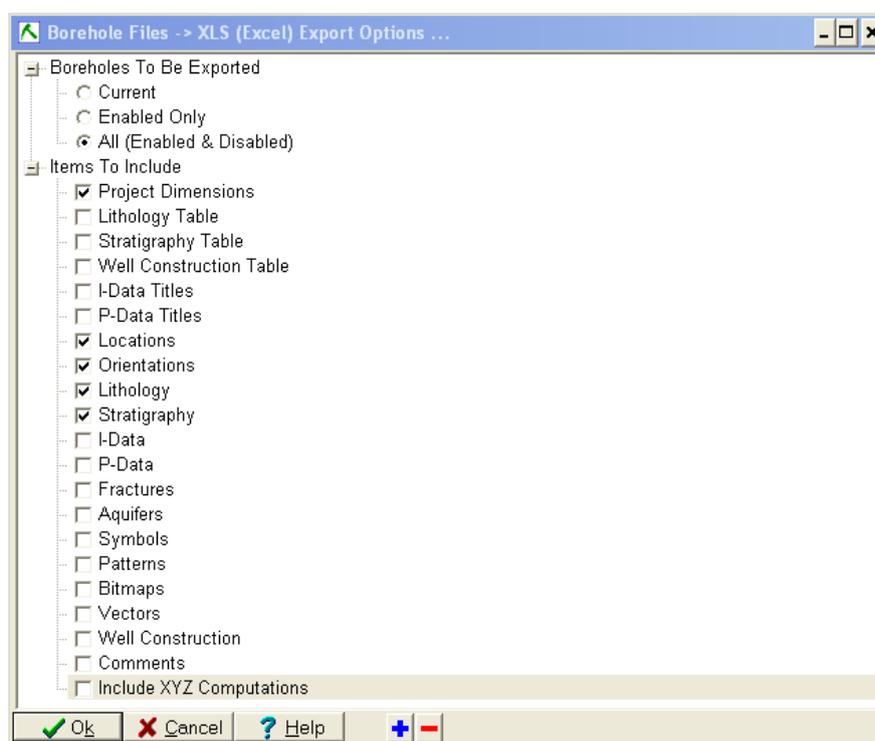
Откроется диалоговое окно, предлагающее выбрать скважины для экспорта. Всего предлагается 3 варианта:



- текущая скважина, т.е. та, с которой мы работаем в данный момент;
- только выбранные скважины;
- все скважины.

Поскольку в нашем проекте скважин нет вовсе, мы вправе выбрать любой вариант, например третий.

На следующем шаге раскроем кнопку <Items To Include> (Разделы, которые надо экспортировать) и отметим разделы базы данных, которые мы намерены включить в свой проект.



Остались неотмеченными следующие разделы:

Таблица 9

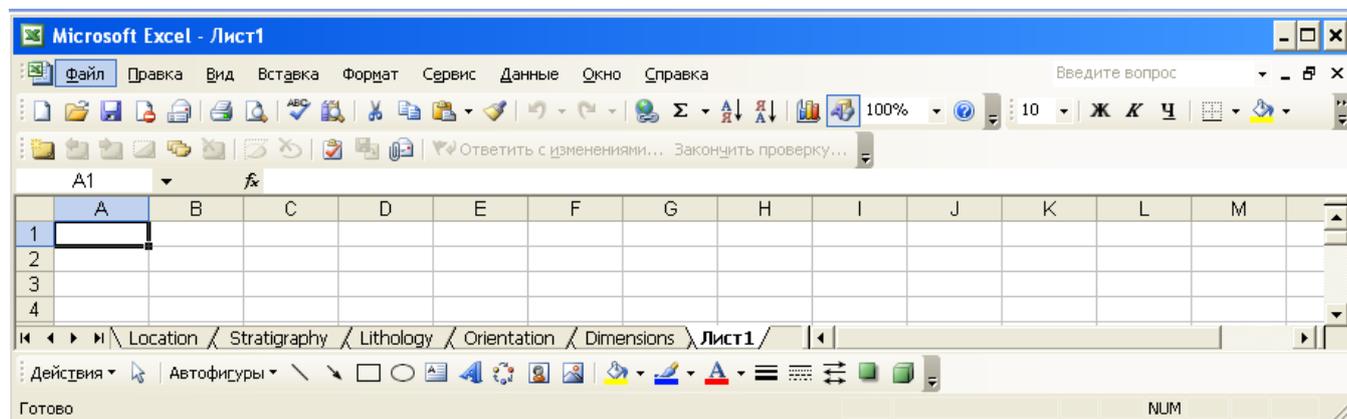
Раздел	Причина исключения
Lithology Table	Справочник будет открыт из текстового файла
Stratigraphy Table	Справочник будет открыт из текстового файла
Все оставшиеся разделы	Разделы не заполнены и данным по ним нет и заносится они не будут

Отмечены разделы:

Таблица 10

Раздел	Причина включения
Project Dimension	Данные планируется получить из Excel-книги с подготовленными данными (Data.xls)
Locations	
Orientations	
Lithology	
Stratigraphy	

После нажатия кнопки <ОК> сгенерируется и откроется книга MS Excel, которая по умолчанию называется «Лист1» и выглядит следующим образом:



В ней столько листов, сколько разделов базы данных *Borehole Manager* экспортировано. Обратите внимание на то, что листы называются в точности так же как и закладки базы данных *Borehole Manager*. Имеется ещё один лишний лист-«Лист1», который присутствует в книге по умолчанию.

Нам предстоит заполнить каждый лист материалом из заранее подготовленной книги Data.xls

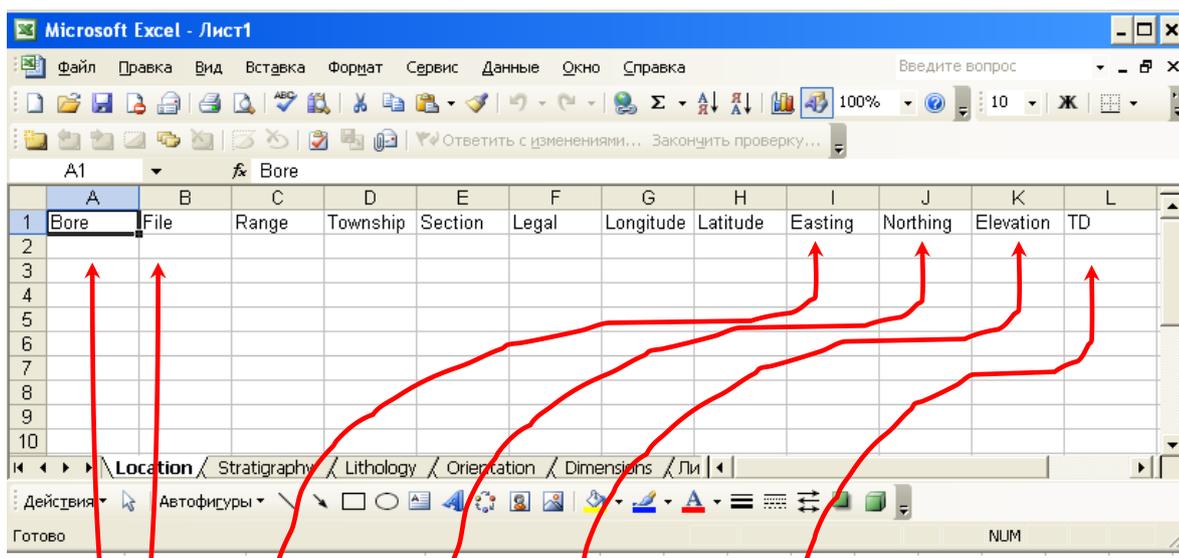
2.6.3 Заполнение копии проекта данными из книги *Data.xls*

Особенностью подготовки данных в книге *Data.xls* является то, что их формат, т.е. названия столбцов и их порядок, количество и названия листов совершенно не совпадают с требованиями базы данных *Borehole Manager*. Такая ситуация встречается практически всегда и, поэтому возникающие проблемы и варианты их решения рассматриваются здесь весьма подробно.

Нам предстоит заполнить листы *проектной* книги, которая называется *Lucm1.xls* данными из книги *Data.xls*. Стрелкам показаны направления копирования данных. В дальнейшем, для ясности, наименования листов будут предваряться названием Excel-книги.

Копирование данных о местоположении скважин

Lucm1.Location



Data.Loc

	A	B	C	D	E
1	№ скважины	X(восток)	Y(север)	Z(альтитуда земли)	Глубина скважины
2	1	10500000	5700000	289.4064039	581.2511138
3	2	10499352.44	5700913.036	212.3693585	1344.019761
4	3	10499997.14	5699949.675	204.5125276	435.0234868
5	4	10501296.14	5700875.213	216.9124663	1834.414336
6	5	10501724.21	5699673.543	215.5705422	2419.325147
7	6	10498657.01	5699944.229	201.6041279	1396.745112
8	7	10500770.25	5699870.839	199.6781498	663.1403326
9	8	10500031.69	5699889.645	213.3220136	523.7239325
10	9	10498798.74	5701311.555	221.2163776	2423.111359
11	10	10499129.81	5700034.009	201.6690135	1022.203164

Копирование данных по инклинометрии

Лист *Orientation* должен после этого выглядеть примерно так:

	A	B	C	D
1	Bore	Depth	Azimuth	Inclination
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				

Следует иметь в виду, что при копировании данных наименования столбцов проектной книги («Лист1.xls» в нашем случае) *не должны меняться ни в коем случае. Это же касается наименования её листов!!!*

Копирование данных по стратиграфии

В соответствующем листе информационной копии, который называется *Stratigraphy* (как и исходный раздел БД *Borehole Manager*) каждой стратиграфической разновидности в каждой скважине проекта (столбец *Bore*) соответствует одна строка.

К сожалению, структура книги *Data.xls* совершенно иная. Здесь каждой скважине соответствует свой лист, названный в соответствии с её номером. Так стратиграфический разрез скважины №1 приведён в листе «1страт», скважины №2- в листе «2страт» и т.д.

Таким образом, чтобы заполнить лист *Stratigraphy* придётся последовательно открывать листы «1страт...10страт» из книги *Data.xls* и копировать их содержимое последовательно в лист *Stratigraphy* сверху вниз. Схема заполнения для трёх скважин показана ниже:

Книга Лист1.xls				Книга Data.xls			
A	B	C	D	A	B	C	D
1	Bore	Depth1	Stratigraphy	1	Страто	Индекс	От
2	1	0	KZ+MZ	2	Мезокайнозой	KZ+MZ	0
3	1	1.616449535	P2.t	3	Татарский	P2.t	1.616449535
4	1	2.161310494	P2.kz	4	Казанский	P2.kz	2.161310494
5	1	4.964338899	P2.uf	5	Уфимский	P2.uf	4.964338899
6	1	63.959252	P1.kg	6	Кунгурский	P1.kg	63.959252
7	1	95.9247849	P1.art	7	Артинский	P1.art	95.9247849
8	1	172.0582507	P1.skm	8	Сакмарский	P1.skm	172.0582507
9	1	244.7256223	P1.ass	9	Ассельский	P1.ass	244.7256223
10	1	248.7885658	P1.skm	10	Бобриковский	C1.v.bb	248.7885658
11	1	264.6009735	C1.t.kz	11	Кизеловский	C1.t.kz	264.6009735
12	1	265.1987461	C1.t.zvl	12	Заволжский	C1.t.zvl	265.1987461
13	1	342.9093889	D3.fm	13	Фаменский	D3.fm	342.9093889
14	1	372.9884676	D3.fr	14	Франский	D3.fr	372.9884676
15	1	472.2630373	KLГ	15	Колганы	KLГ	472.2630373
16	2	0	KZ+MZ	16	2	0	0.616821349
17	2	0.616821349	P2.t	17	2	0.616821349	5.396278203
18	2	5.396278203	P2.kz	18	2	5.396278203	8.051779747
19	2	8.051779747	P2.uf	19	2	8.051779747	68.8287406
20	2	68.8287406	P1.kg	20	2	68.8287406	861.0418359
21	2	861.0418359	P1.art	21	2	861.0418359	937.3340526
22	2	937.3340526	P1.skm	22	2	937.3340526	1075.596068
23	2	1075.596068	P1.ass	23	2	1075.596068	1082.248956
24	2	1082.248956	C1.v.bb	24	2	1082.248956	1088.850023
25	2	1088.850023	C1.t.kz	25	2	1088.850023	1117.170588
26	2	1117.170588	C1.t.zvl	26	2	1117.170588	1172.446152
27	2	1172.446152	D3.fm	27	2	1172.446152	1182.094508
28	2	1182.094508	D3.fr	28	2	1182.094508	1213.140684
29	2	1213.140684	KLГ	29	2	1213.140684	1344.019761
30	3	0	KZ+MZ	30	3	0	1.805461764
31	3	1.805461764	P2.t	31	3	1.805461764	3.17918402
32	3	3.17918402	P2.kz	32	3	3.17918402	3.919420779
33	3	3.919420779	P2.uf	33	3	3.919420779	65.16961271
34	3	65.16961271	P1.kg	34	3	65.16961271	66.77607375
35	3	66.77607375	P1.art	35	3	66.77607375	75.60450392
36	3	75.60450392	P1.skm	36	3	75.60450392	154.6093478
37	3	154.6093478	P1.ass	37	3	154.6093478	164.5449151
38	3	164.5449151	C1.v.bb	38	3	164.5449151	165.3072192
39	3	165.3072192	C1.t.kz	39	3	165.3072192	228.3791758
40	3	228.3791758	C1.t.zvl	40	3	228.3791758	285.7931973
41	3	285.7931973	D3.fm	41	3	285.7931973	307.8070821
42	3	307.8070821	D3.fr	42	3	307.8070821	382.4061991
43	3	382.4061991	KLГ	43	3	382.4061991	435.0234868

Обратите внимание, что столбец Bore заполняется именем скважины для каждого стратиграфического подразделения. Ячейки этого столбца обязаны иметь текстовый тип!

Копирование данных по литологии

Правила заполнения этого листа практически аналогичны описанным выше.

В книге *Data.xls* каждой скважине соответствует свой лист, названный в соответствии с её номером. Так литологический разрез скважины №1 приведён в листе «1лито», скважины №2- в листе «2лито» и т.д.

Таким образом, чтобы заполнить лист *Lithology* придётся последовательно открывать листы «1лито...10лито» из книги *Data.xls* и копировать их содержимое последовательно в лист *Lithology* сверху вниз.

После этой операции фрагмент листа *Lithology* должен выглядеть так:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Core	Dep th1	Dep th2	Lithology	Comment				
2	I		0	0,16164	пески				
3	I		0,16164	0,48493	супесь				
4	I		0,48493	0,80822	глины				
5	I		0,80822	1,29316	суглинок бурые				
6	I		1,29316	1,61645	пески глинистые				
7	I		1,61645	1,75296	глины красные				
8	I		1,75296	1,80715	песчаники бурые				
9	I		1,80715	1,88888	глинистые песчаники				
10	I		1,88888	2,10682	глины красные				
11	I		2,10682	2,16131	песчаники бурые				
12	I		2,16131	2,86207	глины красные				
13	I		2,86207	3,14237	песчаники бурые				
14	I		3,14237	3,56282	глинистые песчаники				
15	I		3,56282	4,68404	глины красные				
16	I		4,68404	4,96434	песчаники бурые				
17	I		4,96434	19,7131	глины красные				
18	I		19,7131	25,6135	песчаники бурые				
19	I		25,6135	34,4618	глинистые песчаники				
20	I		34,4618	58,0598	глины красные				
21	I		58,0598	63,9593	песчаники бурые				
22	I		63,9593	73,5489	галты				
23	I		73,5489	75,1472	ангидриты				
24	I		75,1472	89,5317	галты				
25	I		89,5317	94,3265	ангидриты				
26	I		94,3265	95,9248	сильвинит				
27	I		95,9248	103,538	известняк трещиноватый				
28	I		103,538	118,765	доломиты				
29	I		118,765	156,832	известняк плотный				
30	I		156,832	160,638	известняк плотный, доломитизированный				
31	I		160,638	172,058	известняк плотный				
32	I		172,058	179,325	песчаники на известняковом цементе				
33	I		179,325	190,225	доломиты трещиноватые				
34	I		190,225	197,492	известняк алевролиты				
35	I		197,492	222,925	известняк трещиноватый				
36	I		222,925	244,726	песчаники на известняковом цементе				
37	I		244,726	245,132	известняк трещиноватый				
38	I		245,132	245,945	доломиты				
39	I		245,945	247,976	известняк плотный				
40	I		247,976	248,179	известняк плотный, доломитизированный				
41	I		248,179	248,789	известняк плотный				
42	I		248,789	290,37	аргиллиты				
43	I		290,37	254,323	алевролиты				
44	I		254,323	261,438	песчаники				
45	I		261,438	263,02	конгломераты				
46	I		263,02	264,601	гравелиты				
47	I		264,601	264,661	алевролиты тёмносерые				
48	I		264,661	264,9	углистые песчаники				
49	I		264,9	264,959	углистые алевролиты				
50	I		264,959	265,109	песчаники тёмносерые				
51	I		265,109	265,199	углистые песчаники				
52	I		265,199	272,97	известняк трещиноватый				
53	I		272,97	288,512	доломиты				
54	I		288,512	327,367	известняк плотный				
55	I		327,367	331,253	известняк плотный, доломитизированный				
56	I		331,253	342,909	известняк плотный				
57	I		342,909	345,917	известняк трещиноватый				
58	I		345,917	351,933	доломиты				
59	I		351,933	366,973	известняк плотный				
60	I		366,973	368,477	известняк плотный, доломитизированный				
61	I		368,477	372,988	известняк плотный				
62	I		372,988	382,916	известняк трещиноватый				
63	I		382,916	402,771	доломиты				
64	I		402,771	452,408	известняк плотный				
65	I		452,408	457,372	известняк плотный, доломитизированный				
66	I		457,372	472,263	известняк плотный				
67	I		472,263	483,162	аргиллиты				
68	I		483,162	510,409	алевролиты				
69	I		510,409	559,453	песчаники				
70	I		559,453	570,352	конгломераты				
71	I		570,352	581,251	гравелиты				
72	I		0	0,06168	пески				
73	I		0,06168	0,18905	супесь				
74	I		0,18905	0,30841	глины				
75	I		0,30841	0,49346	суглинок бурый				
76	I		0,49346	0,61682	пески глинистые				
77	I		0,61682	1,81169	глины красные				
78	I		1,81169	2,28963	песчаники бурые				
79	I		2,28963	3,00655	глинистые песчаники				
80	I		3,00655	4,91833	глины красные				
81	I		4,91833	5,39628	песчаники бурые				
82	I		5,39628	6,09015	глины красные				
83	I		6,09015	6,3257	песчаники бурые				
84	I		6,3257	6,72403	глинистые песчаники				
85	I		6,72403	7,78623	глины красные				
86	I		7,78623	8,05178	песчаники бурые				
87	I		8,05178	23,246	глины красные				
88	I		23,246	29,3237	песчаники бурые				
89	I		29,3237	38,4403	глинистые песчаники				

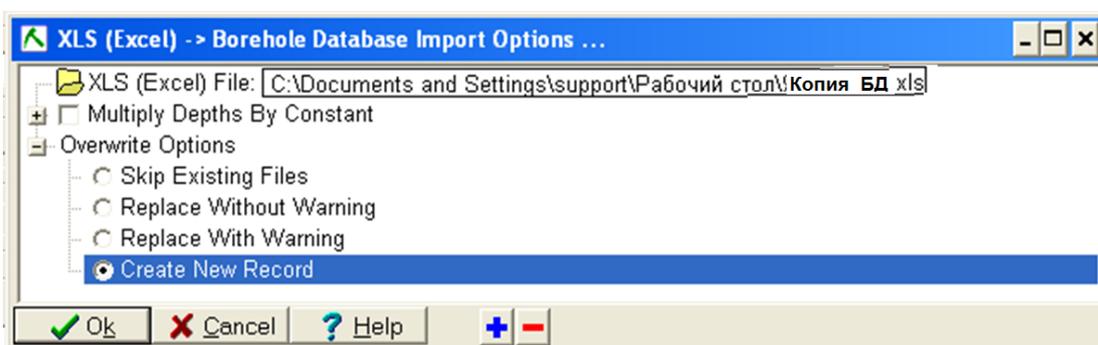
Сохраним книгу «Лист1.xls» в своей личной папке под именем «Копия_БД.xls», например.

2.6.4 Импорт заполненной копии в незаполненный проект

Вернёмся к нашему созданному, но незаполненному проекту и из среды *Borehole Manager* выполним каскад:

File→Import→XLS (Excel)...

Откроется диалоговое окно *Borehole Database Import Options...*, которое заполним по образцу:

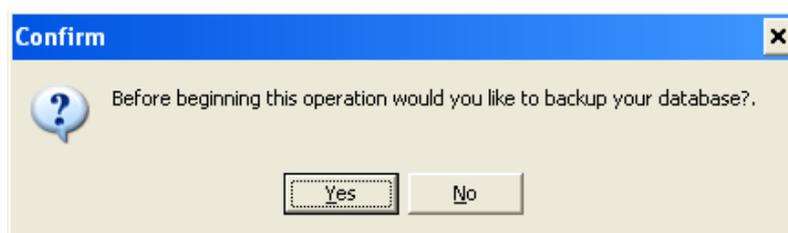


Разумеется, в первой строке надо указать Ваш конкретный путь до сохранённого проектного файла.

В блоке *Overwrite Options* (способы перекрытия уже существующих данных) выберем последний пункт: *Create New Record* (создавать новую запись). В самом деле, наш проект пока пустой и перекрывать нам нечего.

Нажмём кнопку <ОК>.

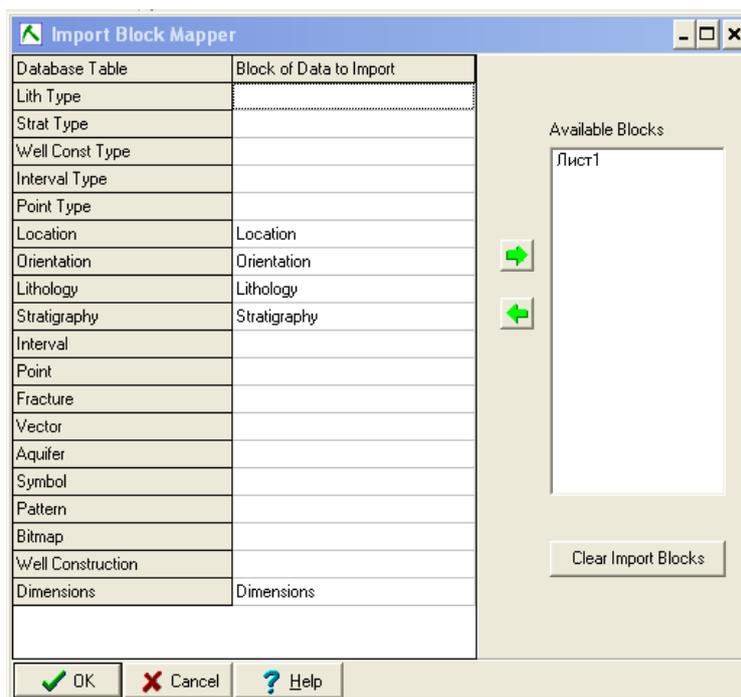
Возникнет сообщение:



Оно спрашивает нас- не хотим ли мы сохранить нашу базу данных перед импортом ?

Поскольку нам сохранять нечего ответим <No>.

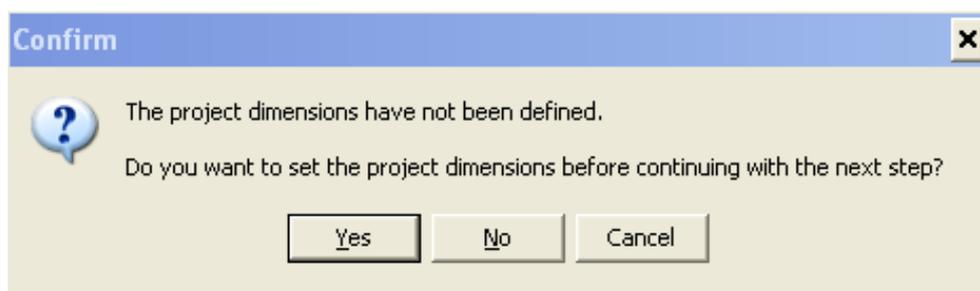
Тут же появится окно Import Block Mapper:



В столбце Block of Data to Import перечислены разделы, которые можно импортировать в наш проект.

Нажимаем кнопку <OK>

Если всё выполнено верно, должна начаться операция импорта. По его окончании появится окно предупреждения о том, что размерность нашего нового проекта ещё не установлена. Borehole Manager предлагает сначала установить размерность, а потом экспортировать данные.



Выберем кнопку <Yes>.

Появится уже знакомое нам окно установки размерности проекта. С его помощью установим все параметры проектного грида, после чего наш проект будет готов к работе. Он заполнен скважинами, сведениями по их местоположению, искривлениям, стратиграфии и литологии.

Всё вышло немного быстрее, чем при ручном вводе данных. Осталось только импортировать в проект справочники литологии и стратиграфии, а также LAS-файлы, если они имеются.

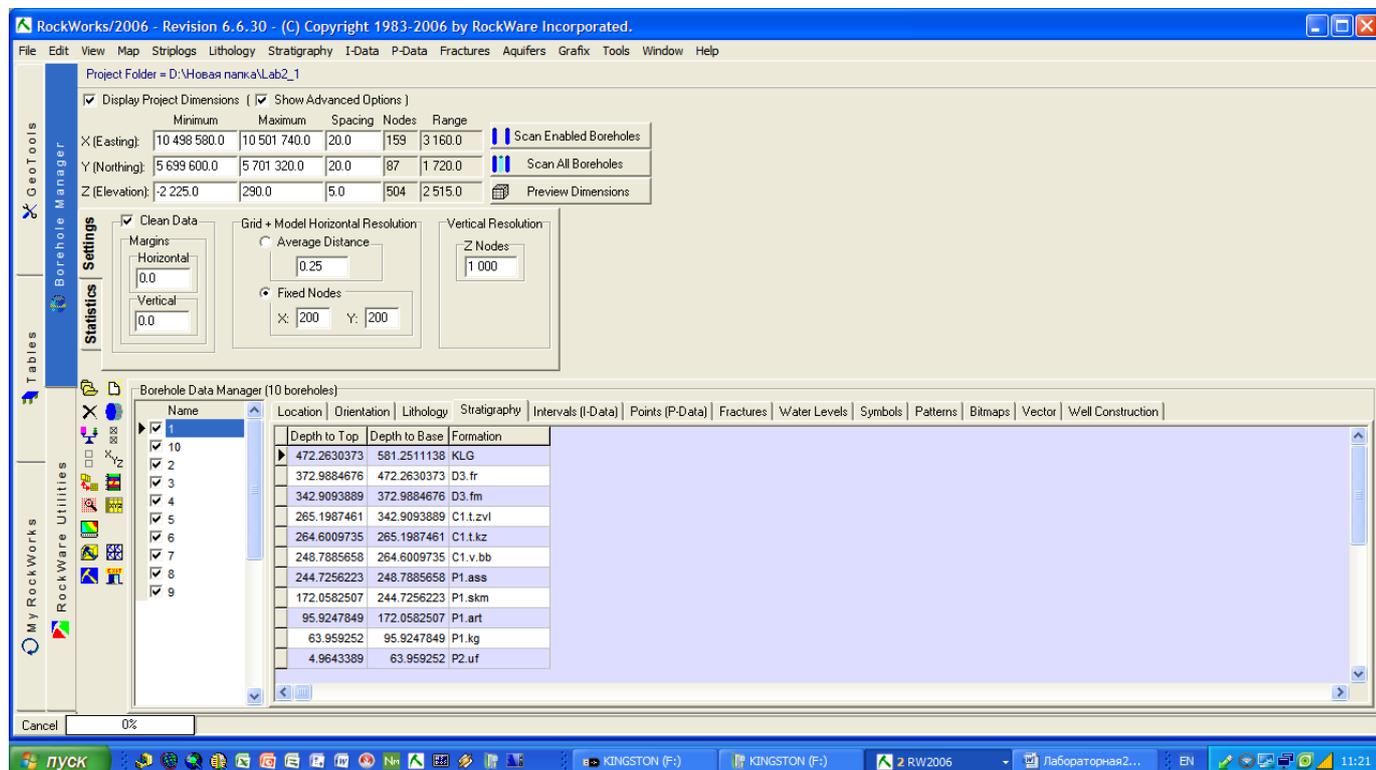


Рисунок 12- Интерфейс заполненного данными проекта *Borehole Manager*

3 Геологическое моделирование

Методически верные работы по созданию и заполнению базы данных проекта гарантируют доступ к богатому арсеналу средств геолого-математического моделирования.

Важной особенностью модуля *Borehole Manager* является исключительная ясность и простота интерфейсов управления данными и параметрами используемых программ. Эти параметры, так же как и способы их задания тщательно унифицированы и имеют понятные мнемонические имена*. Благодаря высокой степени унификации они повторяются практически во всех инструментах, что существенно облегчает освоение всего комплекса в целом.

* Для людей понимающих технический английский язык

Принципы доступа к функциональным возможностям *Borehole Manager* очень просты:

- главное меню *Borehole Manager*, представленное вдоль верхней рамки оконного интерфейса включает наименования вкладок базы данных;
- раскрытие пунктов главного меню предоставляет нам доступ к каскаду программных модулей второго уровня;
- модули второго уровня повторяются для каждого пункта главного меню.

Модулей второго уровня обеспечивают для данных из соответствующей вкладки БД:

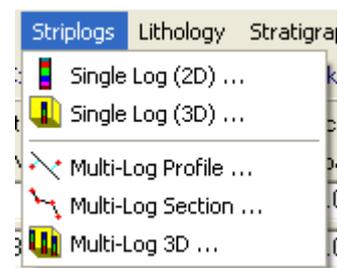
- картопостроение;
- создание разнообразных разрезов и профилей;
- трёхмерное моделирование;
- пространственные сечения и многое другое

Наряду с этим существуют немногочисленные программные настройки, влияющие на визуализацию результатов моделирования сразу для всех вкладок проекта. К ним относятся данные справочников, которые визуализируются автоматически при построении карт и разрезов, а также настройки отображения разрезов скважин. Они представляют собой многополосные ленточные (для 2D форматов) структуры, отображающие в условных знаках данные любой вкладки БД *Borehole Manager* привязанные к глубинам. Кроме того пользователь имеет возможность простого переключения между плоскими и пространственными образами отображения скважинной информации.

3.1 Разрезы скважин

Модуль *Borehole Manager* может рассматриваться не только в качестве программного комплекса для геологического моделирования недр, но и как средство безбумажной геологической документации. В этой связи поддерживается двойкий подход к их информационному описанию- табличный и графический.

Особенности табличного интерфейса уже были подробно рассмотрены выше. Они являются основой графического образа скважины, который может быть создан после запуска меню Striplogs.



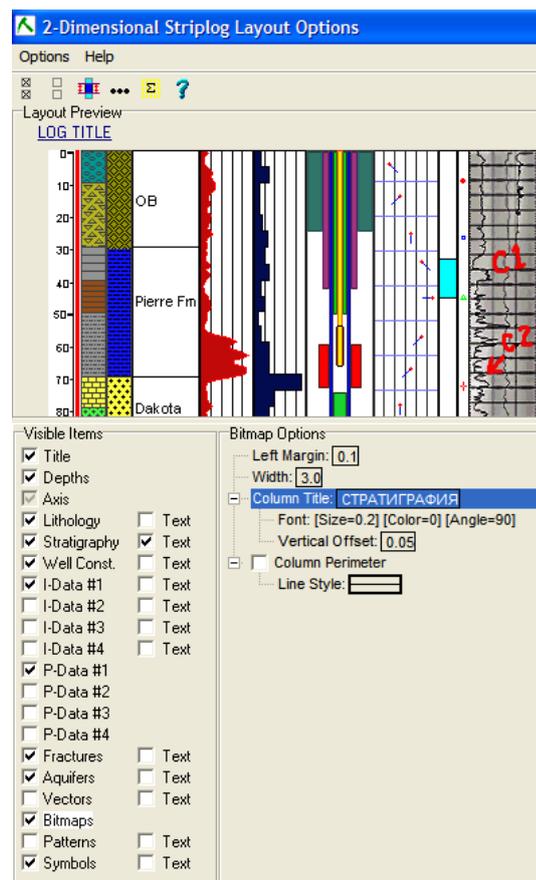
Это меню в частности обеспечивает:

- построение разреза единичной скважины на плоскости- Single Log (2D)... ;
- построение трассы единичной скважины в пространстве- Single Log (3D)... ;
- построение множества трасс скважин в пространстве- Multi-Log (3D)... .

Троеточие после этих пунктов означает, что после их выбора будут открыты дополнительные окна.

3.1.1 Single Log (2D)...

Создаёт двумерный разрез скважины в вертикальной плоскости, отображающий данные из закладок базы проекта. Скважины могут быть вертикальными или наклонными. Перед использованием нужно кликнуть по имени скважины и убедиться, что выбранная скважина доступна, т.е. перед ней стоит «галочка».



Общий вид интерфейса, состоящего из 3-х окон представлен на рисунке справа.

Нижнее левое окно (НЛО) позволяет включить в отображение скважины данные из любой вкладки проекта. Как только вкладка выбрана, в верхнем окне появляется пиктограмма, отражающая эти данные, распределённые вдоль ствола скважины.

Порядок колонок НЛО можно менять, просто перетаскивая их курсором мышки в нужную позицию. На результирующей диаграмме этот порядок будет сохранён.

Кроме того НЛО содержит второй ряд окошек, имеющих название Text. Если

в любом из них поставить галочку, то в нижнем правом окне (НПО) появятся настроечные параметры шрифтов и многочисленные строчные установки для текста (допускается кириллический алфавит) из соответствующих вкладок. От выбора параметров НПО зависит внешний вид всех подписей на диаграмме разреза скважин. Возможный вариант создаваемой диаграммы, на которой отображены данные вкладок Stratigraphy, P-Data, Well Construction может выглядеть так:

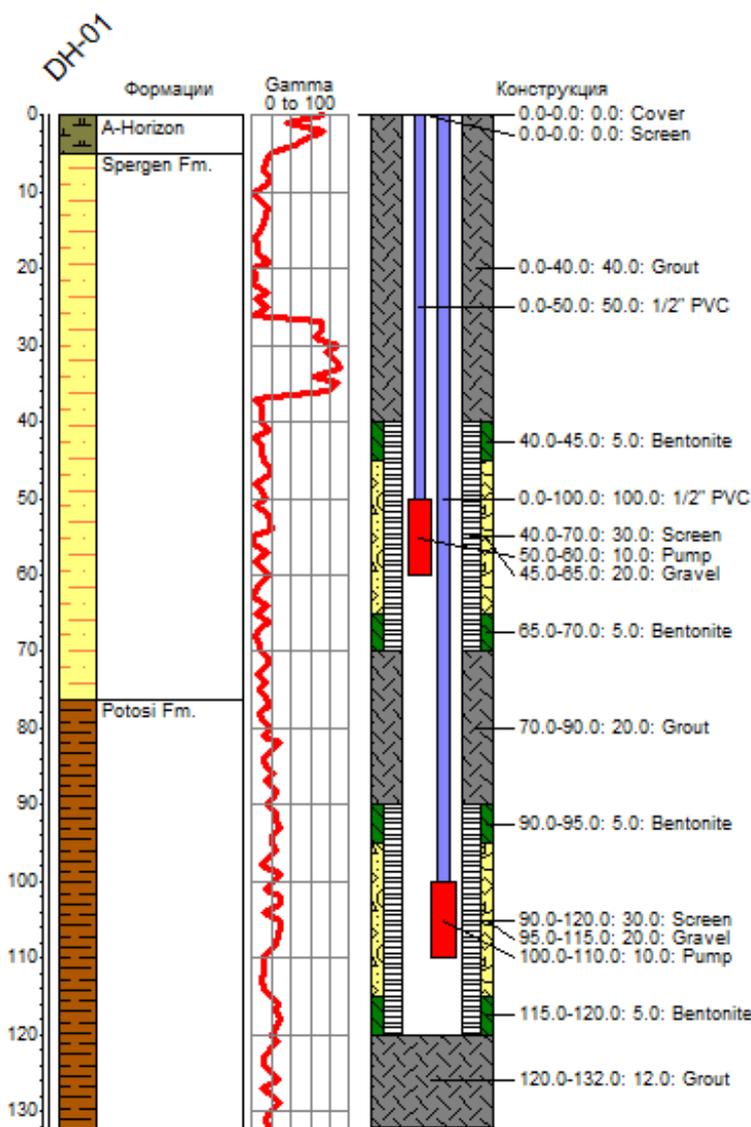
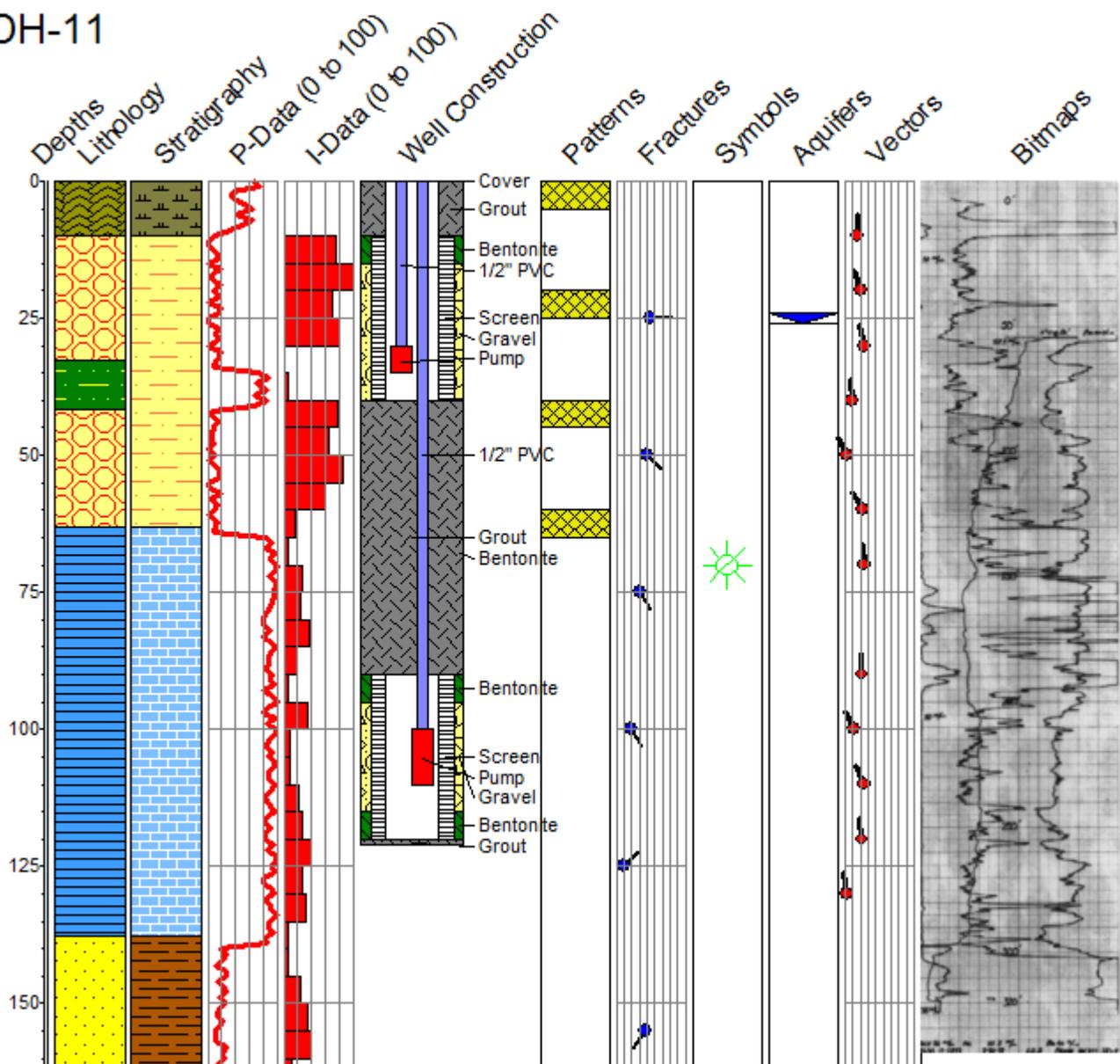


Рисунок 13- Образец 2D разреза вертикальной скважины

Диаграммная нагрузка (Rockworks 2006)

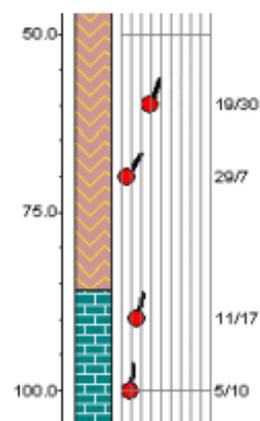
Ниже перечисляются пункты НЛО, их значение и способы заполнения. На двумерной диаграмме разреза вертикальной скважины представлены её столбцы, соответствующие всем пунктам меню НЛО.

DH-11



- 1 Title: Название скважины читается из вкладки Location. Шрифт настраивается по ориентации, толщине и т.д.
- 2 Axis: Оси ориентированные вдоль трассы скважины. Имеют настройки стиля, толщины, цвета.
- 3 Depth Labels: Отметки глубин с левой стороны ствола.
- 4 Lithology: Литологические интервалы из вкладки Lithology. Настраивается ширина столбца. Может выводиться название, глубины и мощность.
- 5 Stratigraphy: Интервалы формаций из вкладки Stratigraphy. Настраивается ширина столбца. Может выводиться название формаций и толщина.

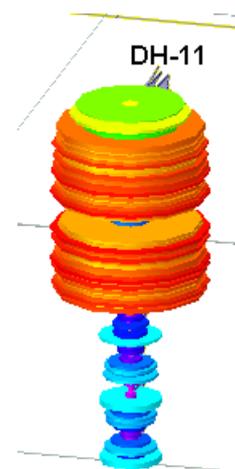
- 6 P-Data: Графики точечных кривых (до 4-х кривых) с заполнением или без. Читаются из P-Data вкладки. В 3D окне отражаются как диски.
- 7 I-Data: Графики интервальных кривых (до 4-х графиков) из I-Data вкладки.
- 8 Well Construction: Интервалы скважинного оборудования и материалов из вкладки Well Construction Type. Опционально- настройки ширины. Могут выводиться названия на кириллице.
- 9 Patterns: Вывод символьных блоков в интервалах из вкладки Patterns.
- 10 Fractures: Рисунки «головастиков» в 2D и ориентированные диски в 3D диаграммах. Строятся по данным из вкладки Fractures. Отображают глубины, ориентацию и раскрытие трещин. При этом:
 - горизонтальное положение «головастика» на 9-ти полосной линейке указывает зенитный угол падения трещины между 0° (первая полоса слева) и 90° (девятая полоса справа);
 - длина «хвостика» пропорциональна радиусу трещины;
 - направление хвостика соответствует азимуту падения (0° -вверх, 90° - вправо, 180° - вниз и 270° - влево).
- 11 Symbols: Вывод выбранных символов на глубинах, определённых во вкладке Symbols. Имеется множество опций.
- 12 Aquifers: Интервалы глубин от уровня воды до подошвы водного горизонта из вкладки Water levels.
- 13 Vectors: Ориентированные «головастики» в 2D и стрелки в 3D показывающие ориентацию из вкладки Vectors. Правила отображения векторных данных такие же, как и для трещиноватости.
- 14 Bitmaps: Растровые картинки в интервалах, отмеченных в соответствующей вкладке.



Необходимо отметить, что выбранная единожды структура разреза (т.е. колонки вкладок проекта) будут автоматически отображаться на всех двумерных диаграммах **Borehole Manager**, если на них предполагается присутствие скважин.

3.1.2 Single Log (3D)...

В трёхмерном браузере нельзя отобразить одновременно содержимое всех вкладок, т.к. они закрывают друг на друга. Графические образы здесь- это фигуры вращения, которые очень наглядно демонстрируют позицию скважины в пространстве. Например, данные каротажа (P-Data) только что просмотренной в 2D-окне скважины DH-11 будут выглядеть, так как показано на рисунке справа.

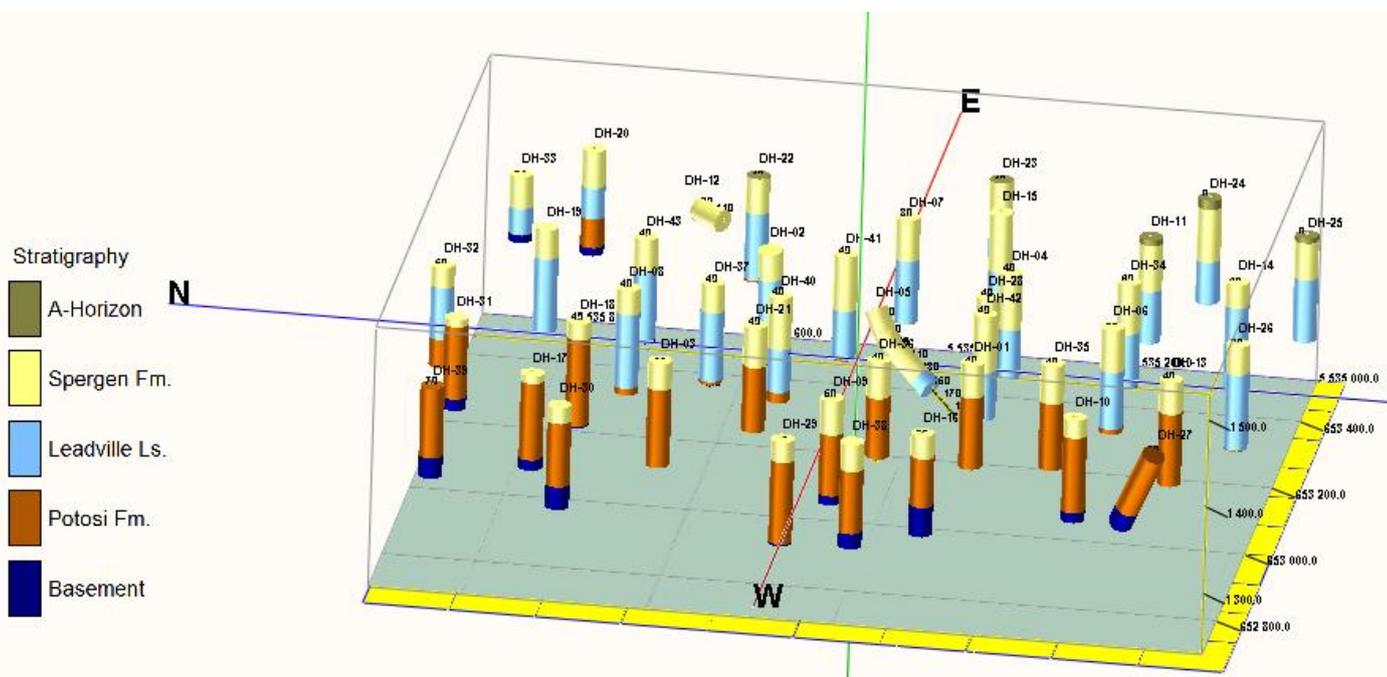


3.1.3 Multi-Log (3D)...

В трёхмерном окне легко отобразить несколько выбранных или все скважины проекта для чего следует выбрать соответствующий пункт меню Striplog.

Полученную диаграмму можно обозревать динамически в любом ракурсе, и она может сопровождаться соответствующей легендой.

Следует иметь в виду, что названия пунктов легенды на кириллице в трёхмерном представлении не поддерживаются.



Как и в 2D случае выбранные настройки сохраняются для изображения скважин на всех трёхмерных блок-диаграммах, где предполагается их присутствие.

3.2 3D-модели

Создание трёхмерных моделей в среде *Borehole Manager* предполагает автоматическое заполнение проектного грида одним из многочисленных интерполяционных алгоритмов, входящих в инструментарий модуля. В рамках настоящей работы рассмотрение теории этих алгоритмов не предусмотрено, но их параметры и терминология широко используются в интерфейсах соответствующих вкладок проекта.

Собственно моделирование представляет собой процесс выделения (фильтрации) ячеек грида, заполненных значениями выше некоторого порогового. При этом используются развитые средства создания реалистичных поверхностей и многочисленные геологические критерии и ограничения генерируемых пространственных образов. Ниже будут рассмотрены два типа моделей- стратиграфические модели и т.н. solid-модели, широко используемые при геометризации залежей полезных ископаемых и подсчёте запасов.

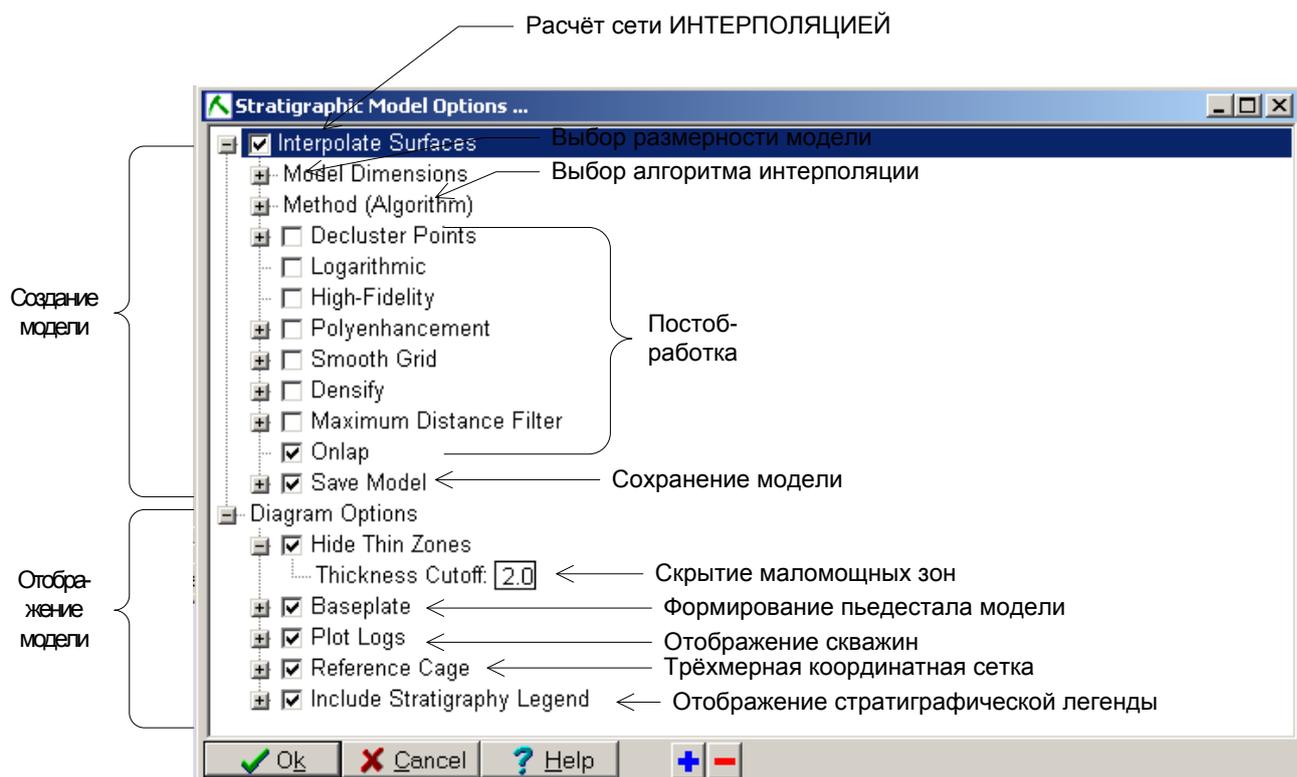
3.2.1 Стратиграфические модели

Для создания стратиграфических моделей необходимы следующие предпосылки:

- размерность проекта должна быть правильно рассчитана, что равносильно созданию экземпляра числовой сети, готовой к заполнению;
- соответствующим образом заполненный справочник Stratigraphy Types;
- информация по стратиграфическому разрезу каждой скважины проекта должна быть занесена в закладку Stratigraphy;
- если известно, что создаваемая стратиграфическая модель осложняется дизъюнктивными нарушениями, необходимо иметь текстовый файл специального формата, описывающий линии разломов.

Для запуска генератора стратиграфической модели необходимо выполнить каскад: Stratigraphy→Model...

На экране возникнет окно настроечных опций и запуска генератора модели:



Окно Stratigraphic Model Options... логически разбито на две горизонтальных зоны:

- в верхней зоне содержатся опциональные настройки необходимые для создания модели. Они ответственны за выбор того или иного алгоритма интерполяции, постобработку и сохранение модели;
- опции нижней зоны связаны с настройкой трёхмерного отображения блок-диаграммы созданной модели, которая хранится по файловому адресу, запомненному в опции **Save Model**. Другими словами, если необходимо просто отобразить блок-диаграмму уже существующей модели, все опции интерполяции следует отключить, т.е. убрать флажок **Interpolate Surfaces**.

Разберём некоторые, самые важные опции данного окна подробно.

Model Dimensions

Позволяет определить размеры создаваемой модели путём выбора одного из вариантов, предлагаемых при активизации меню **Interpolate Surface**.

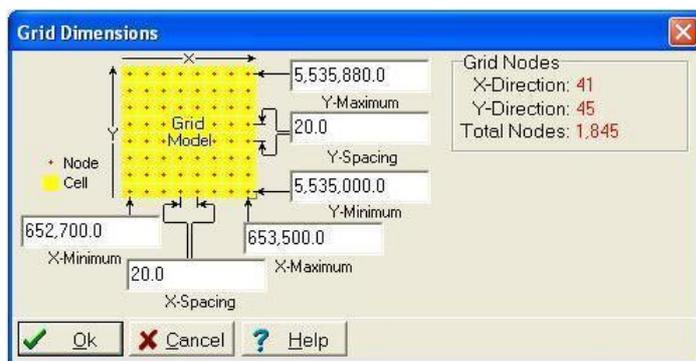
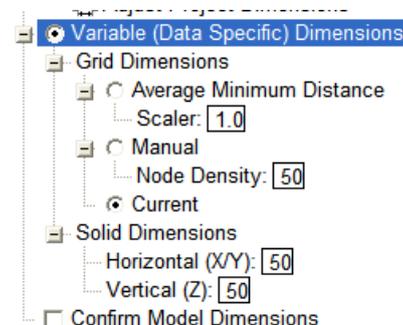


«Hardwire» Project Dimension означает, что строящаяся модель будет иметь в

точности такие же размеры по каждому пространственному измерению, какие установлены для проектного грида. Их можно просмотреть или настроить заново через опцию Adjust Project Dimensions. После её активации появится окно Project Dimensions, показанное на рисунке 11.

Variable (Data Specific) Dimensions предоставляет нам возможность настройки измерений строящейся модели, независимо от размерности проектного грида. Она полезна, если мы строим модель, охватывающую только часть его пространства, или исследуем влияние разрежения или сгущения узлов модельного грида, на качество моделирования. Смысл предлагаемых настроечных опций в точности такой же как и для опций окна Project Dimensions.

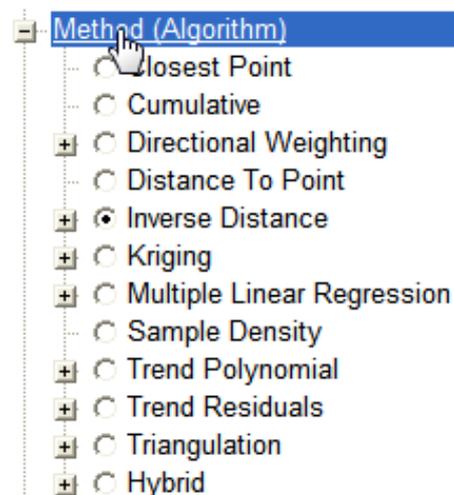
Существует ещё одна дополнительная подопция Confirm Model Dimensions. Она позволяет наглядно оценить параметры грида и уточнить их в случае необходимости путём изменения содержимого полей окна Grid Dimensions.



Method (Algorithm)

Построение стратиграфической модели производится интерполяцией порядкового номера формаций (графа Order справочника Stratigraph Types) в ячейки модельного грида.

В *Borehole Manager* доступно 12 способов интерполяции, каждый из которых имеет свой набор настроечных параметров и опций. Они выбираются из меню окна Stratigraphic Model Options... путём раскрытия подпункта Method (Algorithm).



Формат данного пособия не позволяет дать подробное описание каждого из

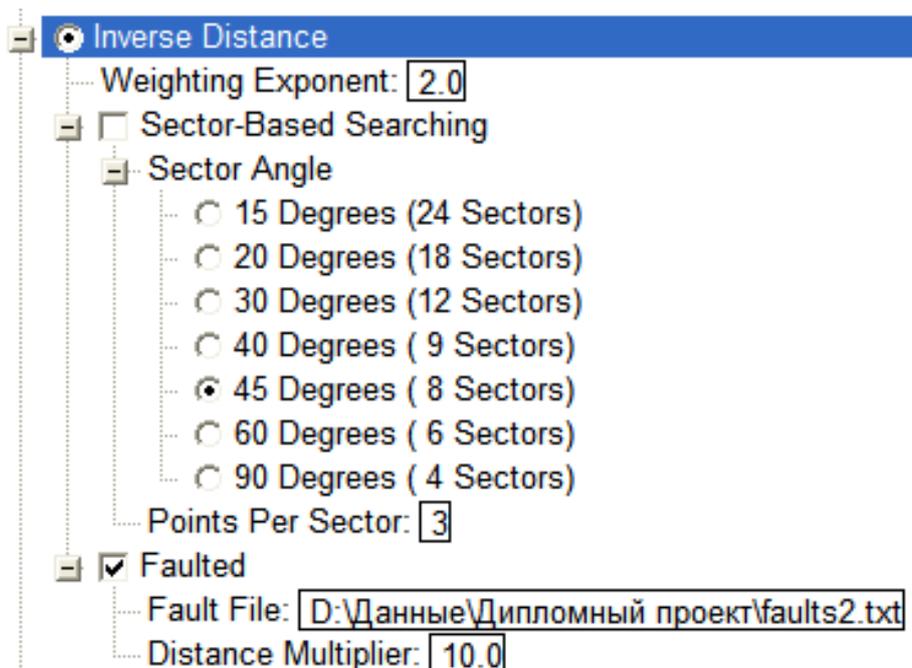
предлагаемых интерполяционных алгоритмов, в связи с чем здесь рассматривается только один из них- Inverse Distance.

Этот метод представляет собой реализацию одного из самых известных и востребованных алгоритмов интерполяции. При его работе в каждую ячейку модельного грида помещается средневзвешенное среднее значение из всех стратиграфических интервалов скважин, участвующих в построении модели. В случае стратиграфической модели интерполируются значения порядкового номера формации, но для моделей иного типа это могут быть числовые значения любой природы.

Веса или вклады каждого интервала (далее по тексту- контрольной точки) рассчитываются так, чтобы вес точек обратно зависел от расстояния между ними и заполняемой ячейкой грида. Таким образом, вес контрольной точки, попавшей в математический центр очередной ячейки должен быть равен единице, а вес самой удалённой будет равен нулю.

При этом функция падения весов с расстоянием задаётся самим пользователем.

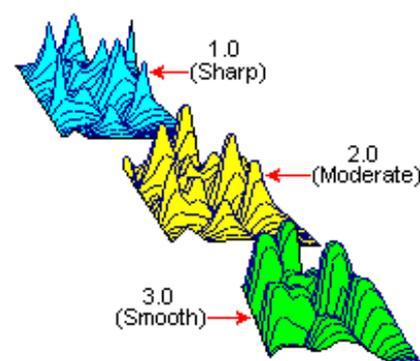
Тонкая настройка работы алгоритма производится с помощью параметров и опций, показанных на нижеследующем рисунке.



Степень взвешивания (Weighting Exponent).

Этот параметр определяет "сглаженность" поверхностей моделируемых алгоритмом. Рекомендуется выбирать значение между "2.0" и "3.0".

В общем случае, чем выше степень взвешивания, тем меньшее влияние играют удалённые контрольные точки в формировании ячеек грида.



Поиск точек по секторам (Sector-Based Searching)

Следует иметь в виду, что рассматриваемый алгоритм рассчитывая значение только в одной ячейке грида, должен использовать множество контрольных точек.

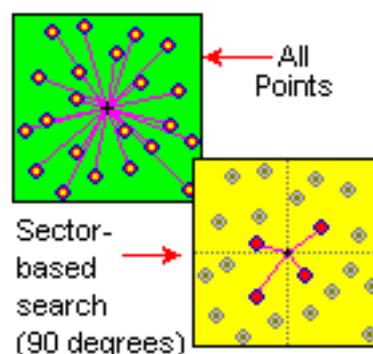
В вычислительном аспекте это предполагает выполнение двойного цикла, в ходе которого обходятся (сканируются) все ячейки грида и все точки.

В случае огромных гридов, вскрытых значительным числом скважин построение модели может занять много времени. Для организации некоторого контроля над этим дорогим ресурсом предусматривается возможность разумного ограничения количества контрольных точек. Именно эту задачу решает рассматриваемая настроечная опция. Она определяет способ отбора контрольных точек для работы алгоритма. Пользователь программы имеет возможность указать размер сектора, из которого будет отбираться заданное число контрольных точек с целью *индукции* их значения в текущую ячейку грида.

Если эта опция не используется, то для вычисления значения будут использованы все контрольные точки без исключения.

Угол сектора (Sector Angle)

Определяется угол сектора отбора контрольных точек. Если он например равен 90° то в интерполяции значений каждой ячейки будут участвовать только из четырех секторов.



Число точек на сектор (Points per Sector)

Указывается число точек в каждом секторе, которые будут участвовать в интерполяции.

Учёт разломов

Эта опция крайне важна для геологических приложений. Она позволяет влиять на процесс интерполяции, делая неодинаковую доступность для алгоритма ячеек грида, размещённых в определённых пространственных зонах. Эти зоны могут характеризоваться внутренней геологической однородностью (в широком смысле этого слова), в то же время резко различаясь между собой.

Границы между такими зонами аналогичны тектоническим нарушениям, влияние которых имитируется алгоритмом. Разломы моделируются с помощью ломаной, записанной в специальном формате, подробно описанном в подразделе 1.6 настоящего пособия.

В понятийном смысле учёт разломов состоит в интерполяции контрольных точек расположенных по одну сторону от линии разрывного нарушения. При этом допускается некоторая настройка интерполяционного алгоритма.

Если сегмент ломаной лежит между ячейкой грида и контрольной точкой, чьё значение должно использоваться при интерполяции, то расстояние между ячейкой и точкой умножается на предварительно заданный коэффициент (*distance multiplier*). Тогда, естественно, вклад контрольной точки в ячейку по ту сторону разлома снижается.

Пример карты, построенной алгоритмом Inverse Distance с учётом разрывных нарушений представлен на рисунке 14.

Преимущества алгоритма Inverse Distance состоят в следующем:

- метод генерирует гладкие, без разрывов карты, не образуя краевых экстраполяционных эффектов за пределами сети наблюдений;
- диапазон записанных в ячейки грида значений не будет выходить за пределы диапазона значений контрольных точек.

В то же время метод не свободен от некоторых недостатков:

- если при расчёте ячеек грида использовалась только часть контрольных точек, а не все, то значения в ячейках будут отличаться от значения контрольных точек, строго попавших в центр ячеек грида;
- при неравномерных сетях опробования алгоритм способен генерировать нежелательные эффекты, например, кольцевание изолиний, называемое также- эффектом "бычьих глаз". Это заметно даже на представленной ниже карте.

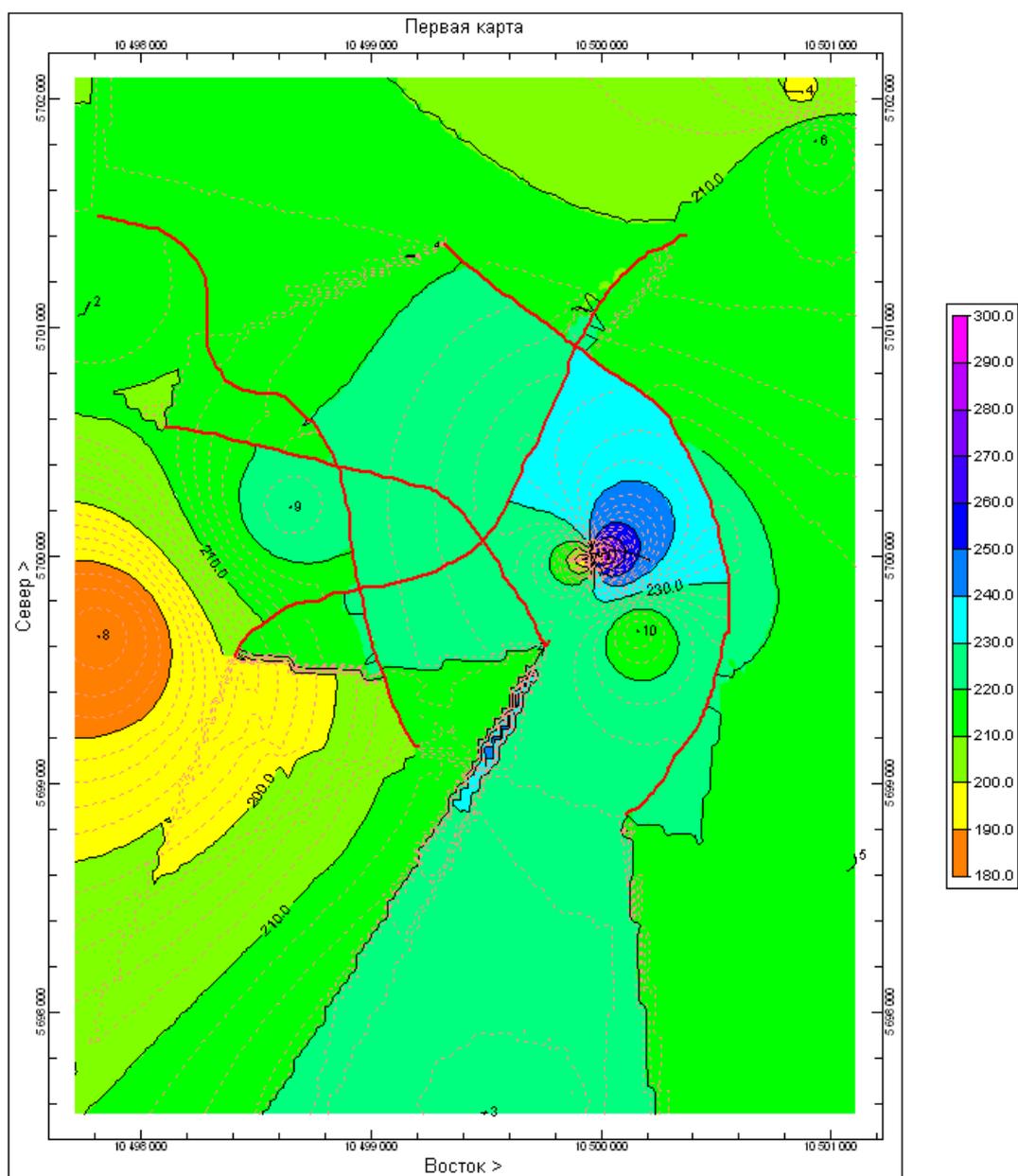
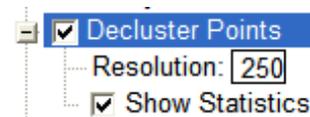


Рисунок 14- Карта поверхности, построенная с учётом разрывных нарушений

Decluster Points

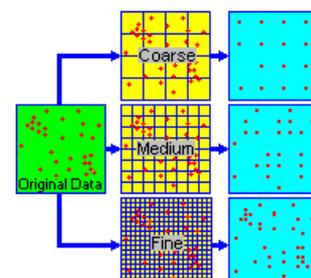
Включение этой опции позволяет удалить контрольные точки, которые находятся слишком близко друг к другу или, вообще дублируются. Такое разрежение сети наблюдений положительно сказывается на эффективности большинства алгоритмов интерполяции.

Интерфейс данной опции выглядит следующим образом:



Параметр Resolution задаёт число ячеек, на которые разбивается экстенд модели в плане. По умолчанию используется деление экстенда на 250 частей.

Значения контрольных точек, попавших в одну ячейку этой новой вспомогательной сети, усредняются и присваиваются её центру. Таким образом возникает новая регулярная сеть контрольных точек.



Logarithmic

Опция используется когда значения числового поля изменяются в очень большом диапазоне. Опция Logarithmic преобразует их к натуральным логарифмам, после эти пересчитанные значения используются для построения модели.

High-Fidelity

Опция осуществляет дополнительную «тонкую» подгонку уже проинтерполированного модельного грида к используемым контрольным точкам.

Smooth Grid

Опция сглаживания значений в модельном гриде.

Имеет два параметра:

- Filter Size указывает на число контрольных точек участвующих в сглаживании. Например, если этот параметр равен единице, то в каждую ячейку грида занесётся среднее значение, которое рас-



считывается по текущей ячейке и 8-ми её окружающим ячейкам грида. Если мы выберем значение этого параметра «2», то среднее будет вычисляться уже по 24 окружающим ячейкам и т.д.;

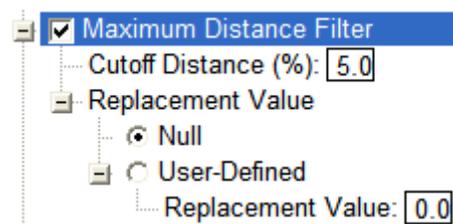
– Iteration задаёт число проходов алгоритма сглаживания.

Maximum Distance Filter

Данная опция используется для исключения расчёта ячеек модельного грида, расположенных далее установленного предельного расстояния от контрольных точек.

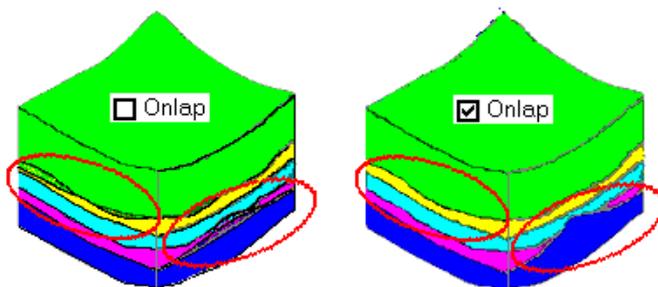
Опция имеет два параметра.

- Cutoff Distance (%). Определяет предельное расстояние как процент от максимальной размерности грида;
- Replacement Value. Значение, которое присваивается исключённым из расчёта ячейкам грида. Оно может быть равно т.н. значению Null (для RockWorks = минус 1×10^{27}) или значению, указанному пользователем- User Defined.



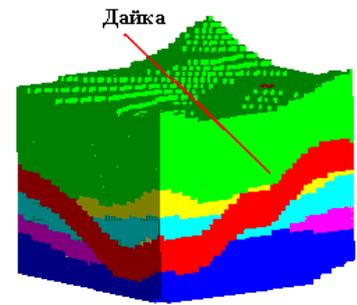
Onlap

Эта опция имеет чрезвычайно важное значение при создании трёхмерных стратиграфических моделей. С её помощью фиксируются фрагменты модели, в которых при интерполяции происходит взаимопроникновение расчётных поверхностей. Решение таких коллизий производится путём присвоения нижнему слою более высокого приоритета, в результате чего модель отстраивается снизу-вверх.



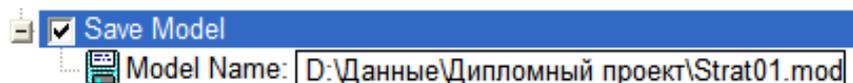
Опция доступна и при генерации стратиграфических профилей (Stratigraphy Profile), секционных разрезов (Modeled Section) и пространственных сечений модели (Modeled Fence).

В случаях, когда модель должна включать сквозные элементы, игнорирующие стратиграфическое напластование (например, дайки), опция Onlap должна быть отключена!



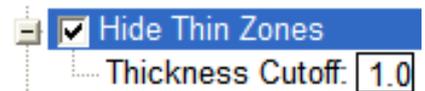
Save Model

Сохранение трёхмерной стратиграфической модели в заданном месте файловой системы с расширением *.mod.

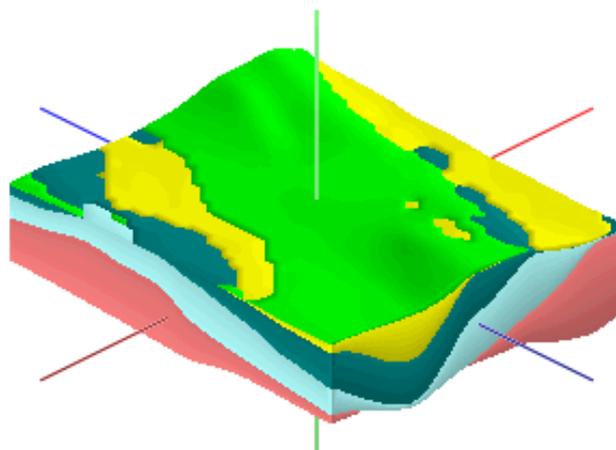


Hide Thin Zones

Название буквально означает «Скрытие тонких зон».

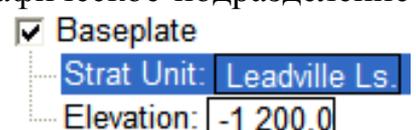


Опция позволяет указать минимальную мощность отображаемых прослоев модели. Если она меньше критической (параметр Thickness Cutoff), то в прослоев формируются просветы, заметные на нижеследующем рисунке.



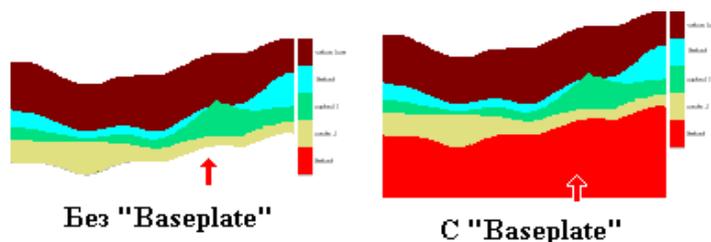
Baseplate

Данная опция используется, чтобы указать стратиграфическое подразделение (обычно самое нижнее), которое должно распространяться вниз до указанной высотной отметки (альтитуды).



Опция содержит два параметра:

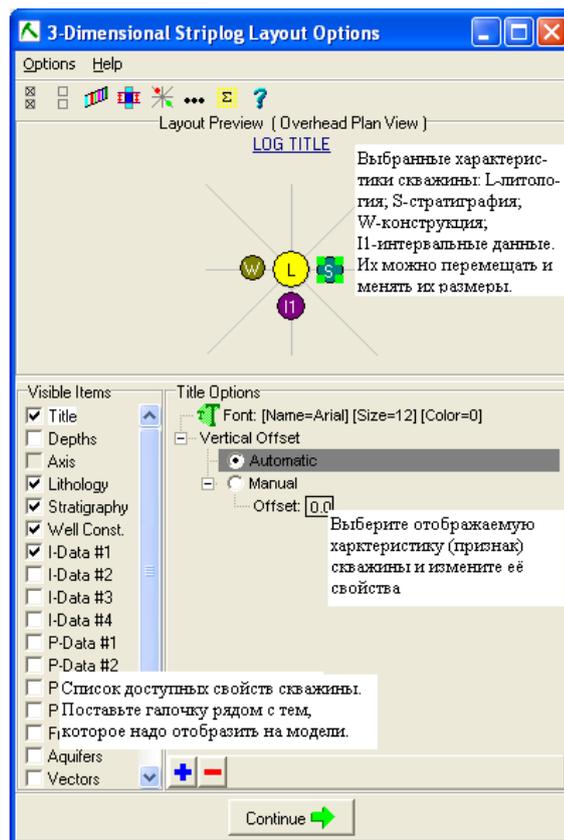
- Strat Unit. Щелчок по значению данного параметра позволяет выбрать из стратиграфической таблицы проекта нужное стратиграфическое подразделение;
- Elevation. Высота над уровнем моря, до которой должно распространяться выбранное стратиграфическое подразделение, формируя своеобразный пьедестал модели.



Plot Logs

Опция включает в модель отображение стволов скважин в трёхмерном пространстве. Для настройки имеется специальный параметр: **Adjust Striplog Setting**. Для его активации достаточно щёлкнуть по нему курсором мыши. Откроется специальное окно настроек. Оно состоит из 3-х частей:

- нижняя левая часть содержит список всех доступных свойств скважины, которые могут быть отображены вдоль её ствола;
- если поставить галочку рядом с каким либо свойством, в верхней части окна автоматически появится соответствующая этому свойству пиктограмма. Передвигая эти пиктограммы и меняя их размеры можно добиться оптимального размещения информации по стволу;
- в нижнем правом окне отображаются все произведённые изменения. Кроме

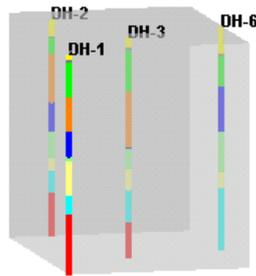


того в него можно явно ввести параметры размещения и свойства отображаемых характеристик.

Reference Cage

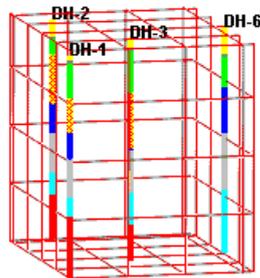
Опция предназначена для настройки и отображения пространственной координатной сетки, охватывающей модель. Она содержит несколько параметров, регламентирующих вид сетки для координатных плоскостей ориентированных по странам света.

- Plot Panels. Позволяет задать цвет (параметр Color) координатным плоскостям, ограничивающим модель;

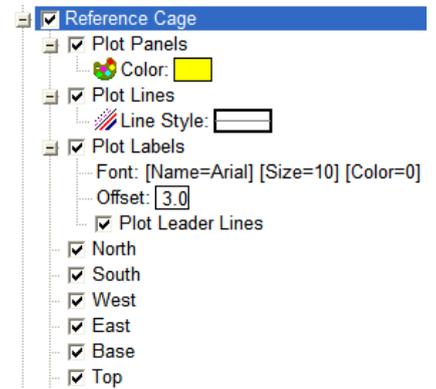


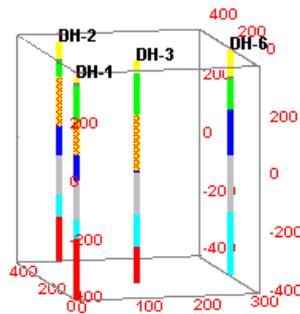
- Plot Lines. Позволяет задать тип линий координатной сетки, охватывающей модель:

- Plot Labels. Устанавливает свойства шрифта для подписи координат сет-

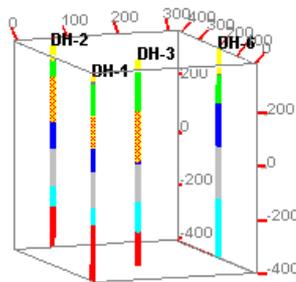


ки и смещение подписи (Offset), задаваемое в процентах от ширины создаваемой диаграммы;

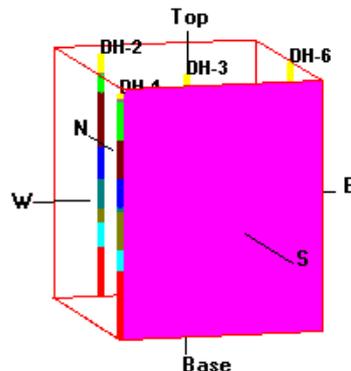




- Установка флажка Plot Leader Lines инициирует создание соединительных рисок подписей с делениями сетки;



- Шесть флажков завершающих меню данной опции означают заливку соответствующей плоскости модели для её выделения.



Include Stratigraphy Legend

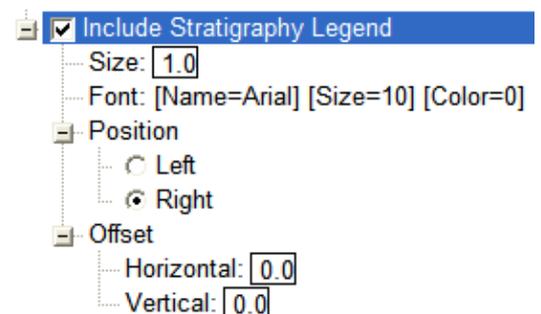
Включение в трёхмерную диаграмму стратиграфической легенды из справочника Stratigraphy Types.

Опция содержит 4 параметра:

- Size. Масштабный коэффициент, позволяющий управлять размером легенды.

Обычно устанавливается в 1;

- Font. Задаёт размер шрифта, стиль, цвет и угол разворота подписей легенды;



- **Position.** Позволяет установить месторасположение легенды относительно левого или правого края блок-диаграммы модели;
- **Offset.** Задаёт горизонтальное и/или вертикальное смещение легенды. Рекомендуются установки Horizontal в значения между 0 и 0.5, а Vertical в диапазоне от 0 до 1. Если установить это значение в минус 1, то легенда возникнет под диаграммой модели.

Запуск генератора модели производится нажатием клавиши <OK> окна *Stratigraphic Model Options*. Во время работы генератора в папке проекта создаются файлы поверхностей кровли и подошвы каждой из формаций с расширением *.grd. Внешний облик стратиграфической модели, построенный по учебным данным, представлен на рисунке 15.

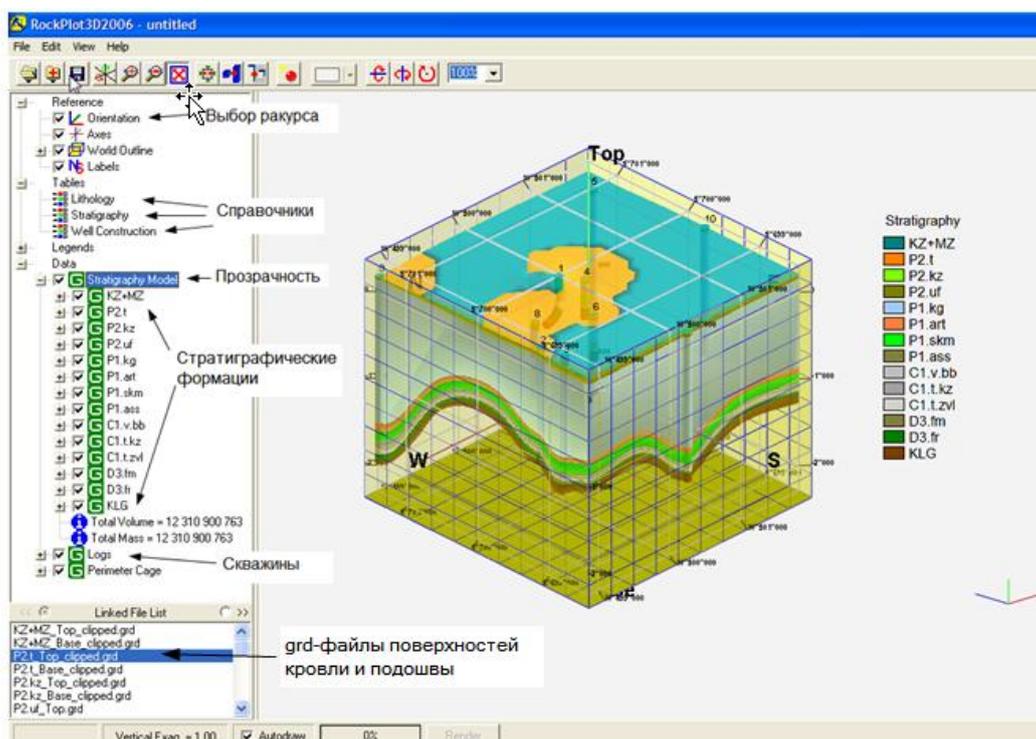


Рисунок 15- Пример стратиграфической модели, созданной по данным 10 скважин.

Управление моделью

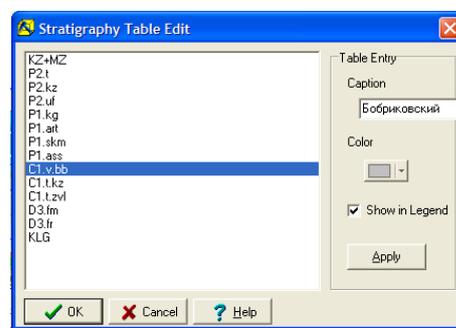
Инструментарий управления моделью сосредоточен в левом окне трёхмерного браузера *Borehole Manager*. Собственно управление моделью заключается в интерактивных изменениях затрагивающих только её визуализацию, но не значения

входных опций и параметров. Средства управления включают в себя множество возможностей, самые основные из которых рассматриваются ниже.

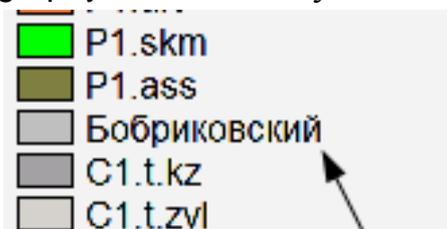
- 1 Выбор ракурса обзора модели. Простейшим способом является драггирование курсора в любом направлении. При этом модель вращается в противоположном направлении.
- 2 Выбор оформления модели. Мы можем установить или отключить флажки подпунктов Axes, World Outline и Labels, что приведёт к изменению полноты отображения соответствующих масштабных элементов. Смысл приведённых опций был подробно описан ранее.

- 3 Модификация наименований элементов справочников. Несмотря на трудности отображения кириллического текста в 3-

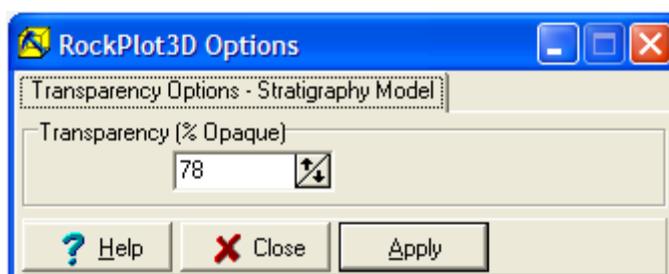
D браузере, мы имеем возможность создания кириллических «этикеток», отображающихся в соответствующих легендах. Для этого следует совершить двойной клик по выбранному справочнику (например, Stratigraphy) в левом



окне браузера. Затем в появившемся окне Stratigraphy Table Edit нужно заполнить поле Caption нужным кириллическим текстом. Если в поле Show in Legend установлен флажок, то после нажатия кнопки <OK> соответствующий текст появится в легенде!



- 4 Установка прозрачности модели. Двойной клик по пункту Stratigraphy Model в левом окне браузера откроет окно RockPlot3D Options. В поле Transparency следует ввести или выбрать из списка процент прозрачности, что позволит просматривать скрытые элементы структуры модели и стволы скважин.



5 Установка видимости стратиграфических формаций. Пункт Stratigraphy Model состоит из вложенных в него стратиграфических подразделений. Включение или отключение флажка подразделения добавляет или удаляет соответствующий пласт из браузера. Таким образом, разбирая модель как «матрёшку» мы можем добиться отображения облика интересующего нас стратиграфического подмножества, формирующего, например купольную структуру в подсоловых отложениях. Это демонстрируется нижеследующей иллюстрацией, созданной из модели, представленной на рисунке 15.

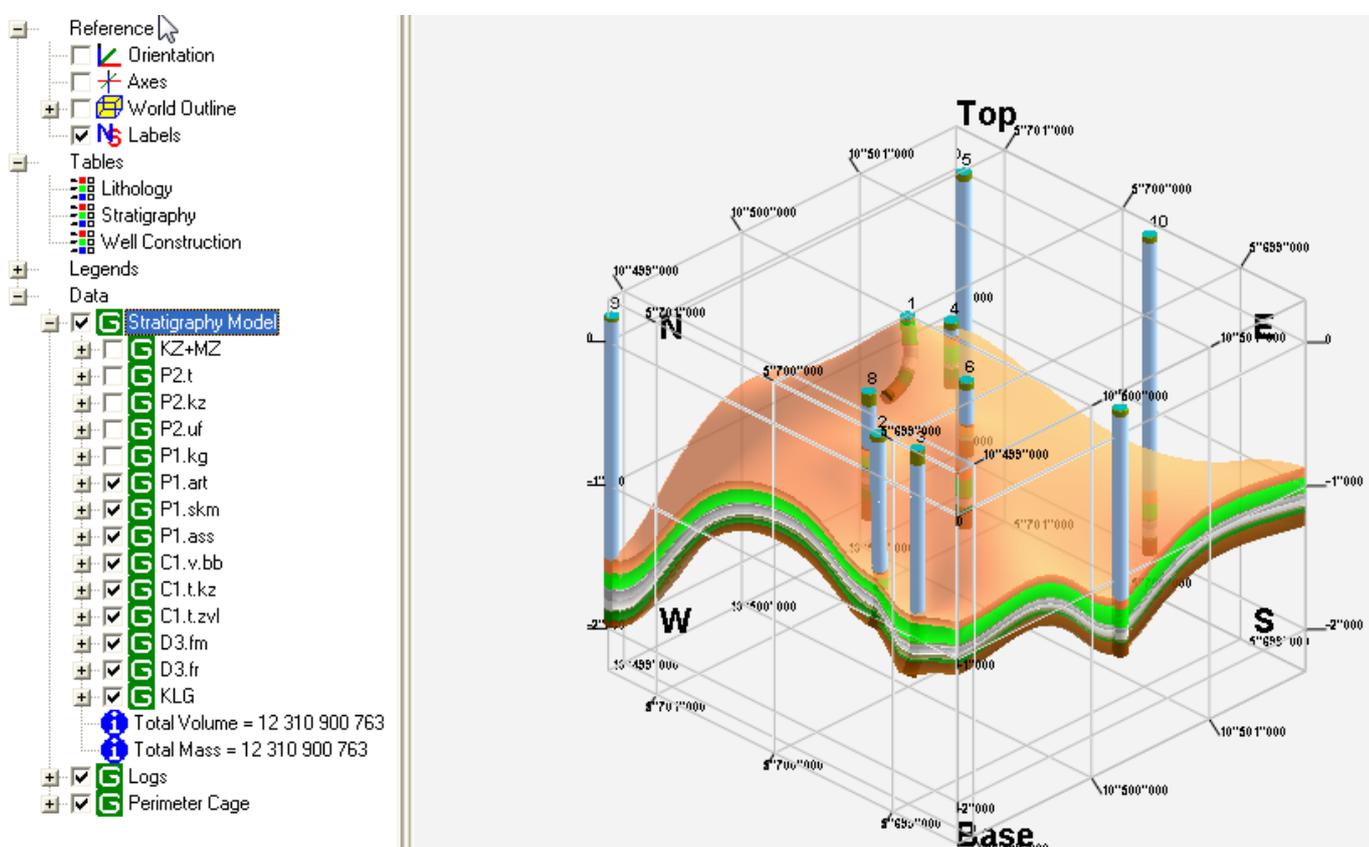


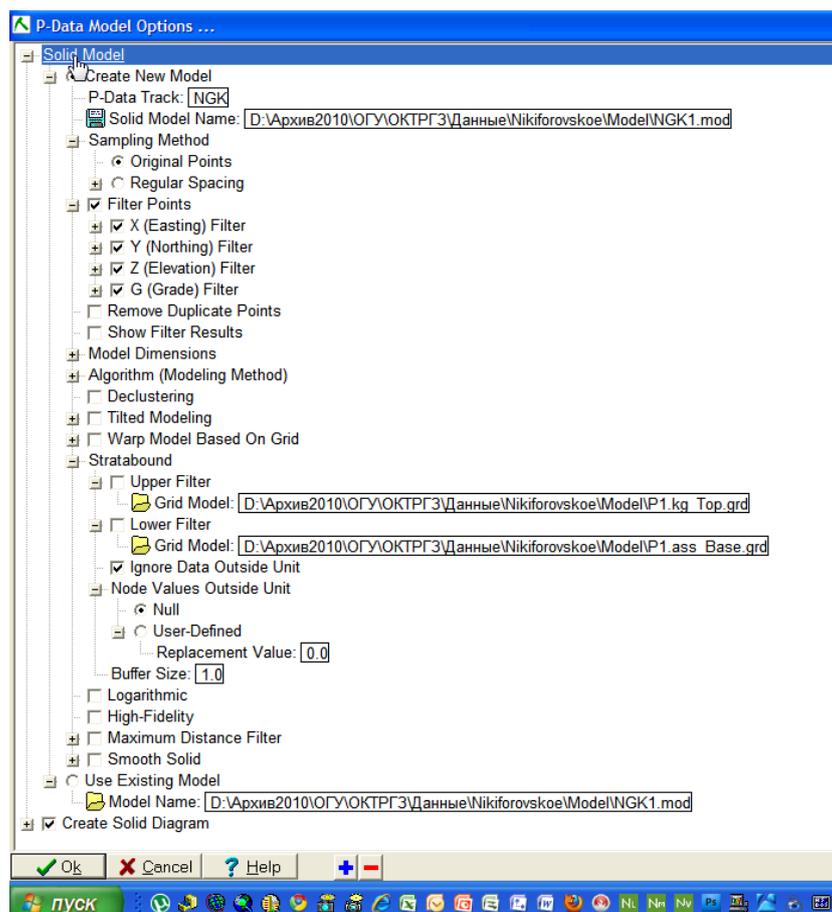
Рисунок 16- Купольная структура подкунгурского разреза

6 Установка видимости стволов скважин. Сняв флажок с пункта Logs, мы отключаем визуализацию всех скважин модели. Если раскрыть этот пункт, то мы получим доступ к списку всех скважин, и соответственно сможем включить или отключить любую из них.

3.2.2 Solid- модели

Модели этого типа принципиально не отличаются от вышерассмотренных стратиграфических моделей. Они также генерируются алгоритмами интерполяции, заполняющими ячейки модельного грида. Однако здесь, в качестве исходной информации используются сведения из вкладок содержащих настоящие, а не кодовые числовые данные, распределённые по стволам скважин. Обычно это результаты каротажа, металлометрического или иного опробования. Построив такую модель и задавшись некоторым порогом «чувствительности» мы сможем отфильтровать ячейки нашего грида, чтобы увидеть их агломераты со значениями выше заданных. Если в качестве такого фильтра использовать, например, бортовые содержания металла, мы сумеем разглядеть в возникших динамических образах рудные тела и рассчитать многие их характеристики, в том числе и запасы полезного ископаемого [8].

Разумеется, использование данных разных типов, а также способов визуализации повлекли некоторые изменения интерфейса solid-моделей по сравнению с моделями стратиграфическими. В ходе дальнейшего изложения материала приводится описание этих отличий, сопровождаемое пояснениями и интерфейсными выкопировками. Ниже представлен общий вид программного интерфейса генерации Solid-моделей на примере данных из вкладки P-



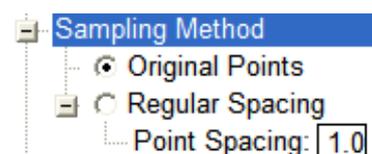
Data. Соответствующее окно называется P-Data Model Options и его структура приводится на этой странице.

P - Data Track .

При щелчке по рамке с наименованием кривой, раскрывается список всех кривых, занесённых во вкладку P-Data. Выбрав нужный вариант, мы строим модель именно по этим значениям.

S a m p l i n g M e t h o d .

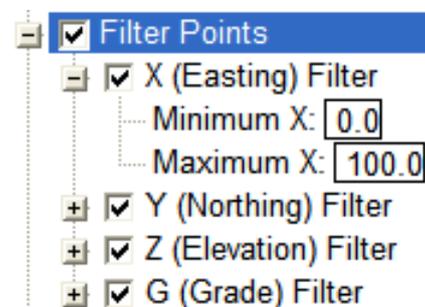
Данная опция позволяет организовать по каждой скважине выборку данных, участвующих в построении модели:



- Original Points. В создании модели будут участвовать все данные по скважинам;
- Regular Spacing. Для моделирования будут отбираться данные по скважинам с интервалом Point Spacing.

F i l t e r P o i n t s

Опция задаёт диапазоны данных для построения модели. Если она используется, то программа будет игнорировать данные, лежащие за пределами указанных диапазонов. Для каждой из трёх координатных осей эти диапазоны задаются посредством указания минимальных и максимальных значений воображаемого куба данных в единицах проектного грида. Для фильтрации значений моделируемой функции (т.н. G-значений) также можно задать допустимый диапазон, но в единицах этой функции (гаммах, например).



M o d e l D i m e n s i o n s

Ничем не отличается от одноимённой опции описанной ранее для стратиграфической модели. Следует, однако, понимать разницу между ней и предыдущей опцией Filter Points.

С помощью опции Model Dimension мы можем просто ограничить пространственное представление модели некоторым параллелепипедом, вписанным в проектный грид.

Опция Filter Points исключает точки наблюдений, расположенные вне заданных диапазонов из процесса моделирования, вообще.

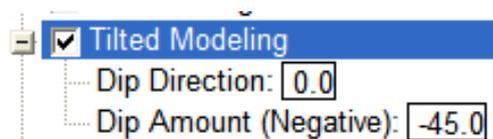
Это означает, что опция Filter Points влияет на результаты интерполяции, а опция Model Dimension – нет.

Declustering

Включив эту опцию, мы разрядим сеть исходных наблюдений за счёт объединения сближенных контрольных точек и усреднения их значений.

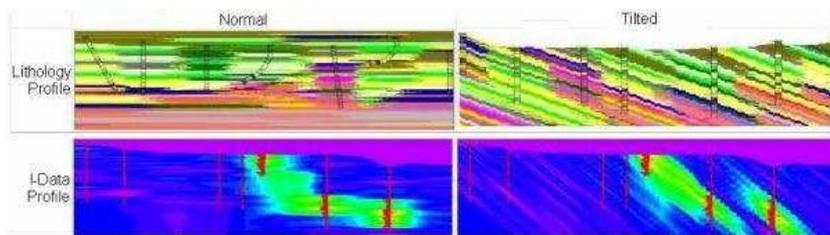
Tilted Modeling

Опция позволяет при построении модели учитывать направление геологической изменчивости, задавая известные априори элементы залегания.



- Dip Direction. Азимут падения;
- Dip Amount. Угол падения (от 0°-для горизонтального залегания до минус 90°- для отвесного падения).

Применение этих параметров демонстрируется на нижеследующем рисунке.

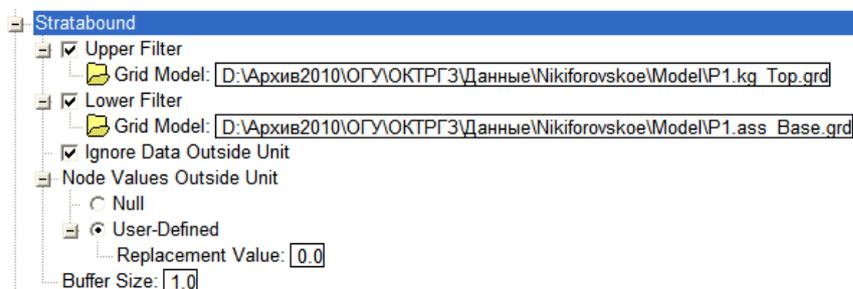


Stratabound

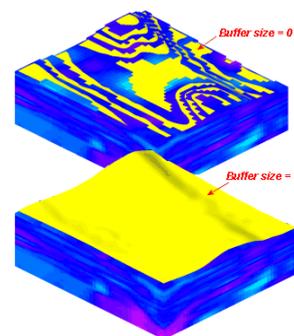
Опция, ограничивающая построение модели пространством между двумя, заявленными пользователем и уже существующим стратиграфическими поверхностями.

ми (файлами формата *.grd). При этом ячейкам проектного грида, лежащим за пределами выбранных ограничений присваивается некоторое постоянное значение.

Интерфейс данной опции иллюстрируется нижеследующей выкопировкой и предполагает установку ряда параметров:



- Upper Filter. Установка этого флажка позволяет выбрать существующий грид верхней стратиграфической поверхности;
- Lower Filter. Установка этого флажка позволяет выбрать существующий грид нижней стратиграфической поверхности;
- Ignore Data Outside Unit. Если флажок данной подопции установлен, то контрольные точки, расположенные вне моделируемого пространства игнорируются и не будут участвовать в интерполяции. В противном случае в создании solid-модели будут участвовать все данные соответствующей вкладки (с учётом действия опции Filter Points, разумеется);
- Node Values Outside Unit. Подопция имеет два параметра- Null и User-Define. Если выбран параметр Null, то все ячейки модели за пределами изучаемого стратиграфического пространства заполняются значениями -1×10^{27} . Если выбран параметр User-Define, то все ячейки модели за пределами изучаемого стратиграфического пространства заполняются значениями, заданными пользователем;
- Buffer Size. Толщина буферного слоя вокруг стратиграфического пространства. Этот параметр позволяет скрыть следы «протыкания» объёмными ячейкам проектного грида, ограничивающих поверхностей. Buffer Size задаётся в единицах размерности проекта.



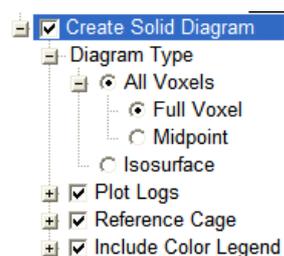
Use Existing Model

Опция альтернативная опции Create New Model. Применяется в тех случаях, когда модель уже построена и сохранена в файле типа *.mod в проектной папке. Вас не устраивает только внешний вид трёхмерной диаграммы, который легко откорректировать с новыми значениями параметров опции Create Solid Diagram.

Create Solid Diagram

В данной опции описываются основные параметры, влияющие на облик solid-модели в 3D-браузере.

- Diagram Type. Раскрытие этой опции предоставляет доступ к двум способам отображения модели: All Voxel и Isosurface;



- Радиокнопка <All Voxel> обеспечивает визуализацию модели как агломерата окрашенных вокселей (ячеек проектного грида). Они могут быть представлены как миниатюрные параллелепипеды (Full Voxel) или как их центры (Midpoint);
- Радиокнопка <Isosurface> используется, если необходимо представить модель, как бы обтянутую упругой оболочкой. Различия в облике Solid-модели при разных способах визуализации заметны на рисунке 17.

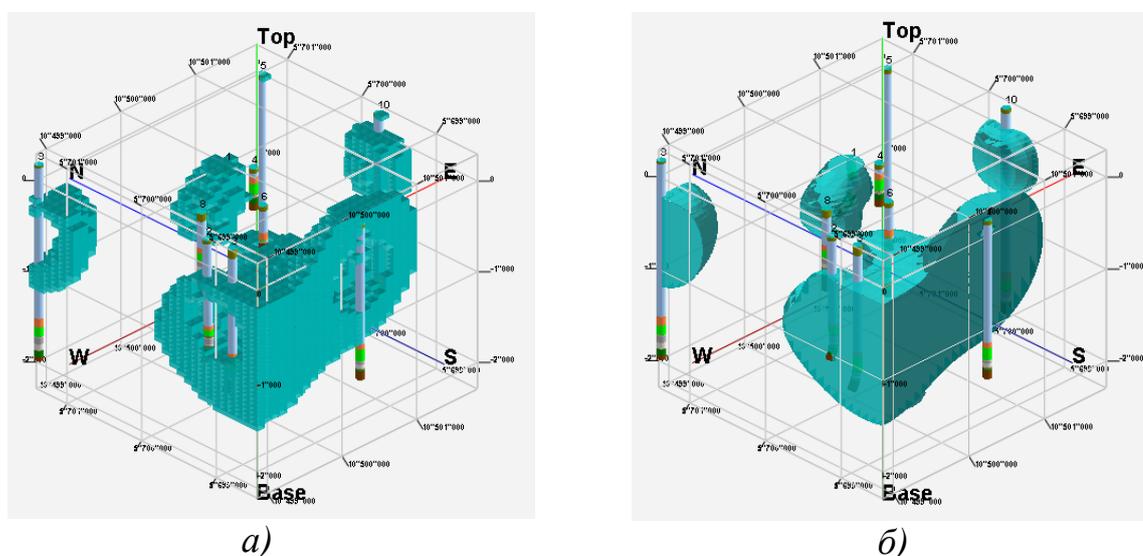
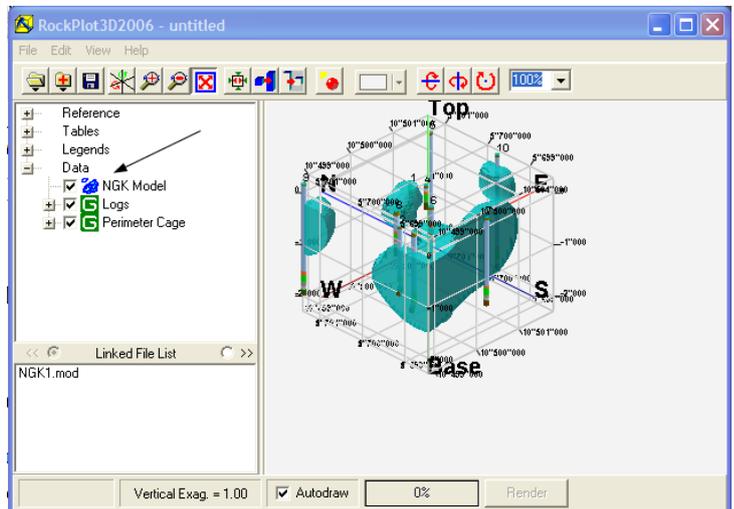


Рисунок 17- Визуализация Solid-модели способом All Voxel (a) и Isosurface (б)

Управление моделью

Нажатие кнопки <OK> окна P-Data Model options запускает процесс построения solid-модели. По его завершению возникает окно 3D-браузера, которое для версии **Rockworks 2006** именуется RockPlot3D2006.

Левое верхнее подокно браузера содержит дерево опций, управляющих оперативной визуализацией трёхмерного образа и его графическим оформлением. Содержание большинства этих опций аналогично рассмотренным нами ранее для стратиграфических моделей. Однако, в отличие от них solid-модели хранят в

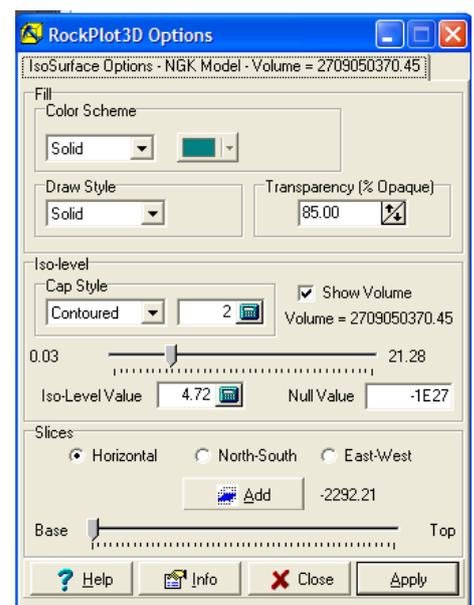


себе не сетки стратиграфических поверхностей в формате *.grd, а настоящий трёхмерный пространственный грид формата *.mod. Его название отображается в нижнем левом подокне браузера. Ячейки этого грида заполняются при интерполяции данных из выбранного столбца соответствующей информационной вкладки (P-Data в нашем случае).

Доступ к интерфейсу визуализации осуществляется двойным щелчком по синей пиктограмме грида, на которую указывает стрелка вышеприведённой интерфейсной выкопировки. Это действие откроет диалоговое окно RockPlot3D Options, которое для solid-моделей выглядит как на нижеследующем рисунке.

Окно состоит из трёх функциональных блоков:

- 1 Fill -заливка модели.
- 2 Izo-Level- изоповерхности.
- 3 Slices- сечения.



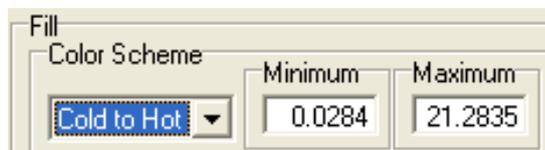
Все изменения параметров окна RockPlot3D Options вступают в силу только после нажатия кнопки <Apply>. Рассмотрим поля и управляющие элементы этих блоков более подробно.

Блок Fill

Блок содержит два раскрывающийся списка типов оформления цветной заливки модели- Color Scheme и Draw Style.

Список Color Scheme содержит следующие пункты:

- Solid- поверхность модели окрашивается единым цветом, выбираемым из палитры цветов, расположенной рядом;
- Cold to Hot или Hot to Cold- Заливка производится на основании реальных значений моделируемого числового поля (т.н. G- значений). Градуированный цвет модели возникает путём смешения «холодных» и «горячих» оттенков, пропорциональных G-значениям. В случае Cold to Hot низкие G-значения соответствуют холодным цветам, а высокие- горячим. Для палитры Hot to Cold этот порядок меняется на обратный.



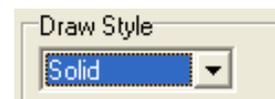
Диапазон G- значений указывается путём установки параметров Minimum и Maximum, доступ к которым открывается при выборе заливок этих типов;

- Color File- цвета палитры выбираются из заранее созданного файла с таблицей цветов;



Список Draw Style содержит следующие пункты:

- Solid Filled- сплошная заливка модели цветами одной из выбранных палитр из списка Color Scheme;
- Wireframe- изоповерхность модели отображается в виде клубка спутанной проволоки. Толщину проволоки можно менять, выбирая её из списка, расположенного рядом;
- Hidden- поверхность модели не отображается. Опция полезна, когда надо исследовать сечения, которые эта поверхность может заслонять.



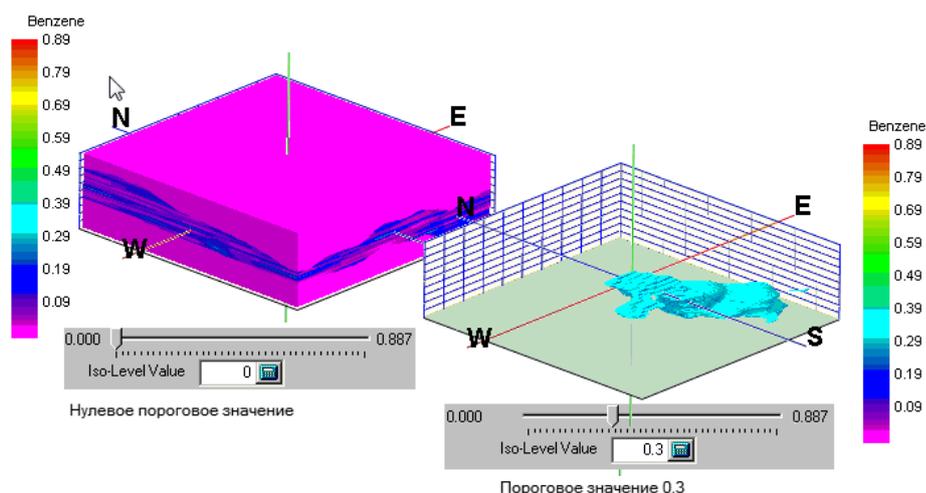
Блок Iso-Level

Блок содержит раскрывающийся список **Cap Style**, предназначенный для выбора вариантов отображения следов G-значений с границами модели. Список **Cap Style** содержит следующие пункты:

- **Contoured**- отображает контуры изолиний G-значений на краях модели (её пересечениях с плоскостями) в цветах из используемой палитры **Color Scheme**. Интервал изолиний задаётся через калькулятор, расположенный рядом;
- Если установлен флажок **Show Volume**, то под ним будет выведен объём модели в кубических единицах измерения проекта (метры, футы);
- **Solid**- края модели модели окрашиваются в цвет оболочки;
- **None**- края модели не отображаются. Она выглядит «пустотелой».

Блок содержит скроллинг-линейку **Iso-Level Value** для фильтрации G-значений. Изменяя пороговое значения фильтра, простым перемещением бегунка мы изменяем объём и конфигурацию **solid**- модели.

На нижеприведённом рисунке представлены два варианта визуализации **solid**-модели для пороговых G-значений 0 (нуль) и 0.3.



В первом случае (левая часть рисунка) модель охватывает весь объём проектного грида, поскольку все G-значения признака **Benzene** выше нулевых.

Во втором случае (правая часть рисунка) модель ограничивается объёмной изолинией 0.3 признака **Benzene**. Здесь мы фактически имеем дело с горно-

геометрической моделью залежи этого компонента, оконтуренной по его пороговому значению.

Пространство, где оно ниже значения 0.3 просто исключается из рассмотрения если в поле Null Value (отмечено стрелкой) занесено число «-1E27». Если оно иное, то это пространство будет залито соответствующим цветом из выбранной палитры блока Color Scheme.



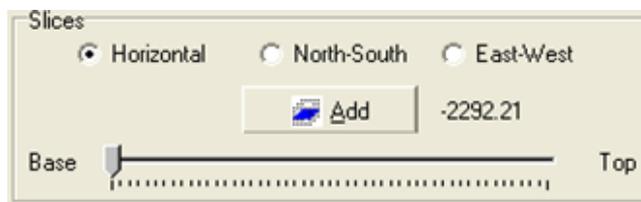
Блок Slices

Блок содержит инструментарий для создания ортогональных сечений модели в трёх координатных плоскостях. Выбор конкретной плоскости производится нажатием одной из трёх радиокнопок:

- <Horizontal>- горизонтальное сечение;
- <North-South>- меридиональное сечение;
- <East-West>- широтное сечение.

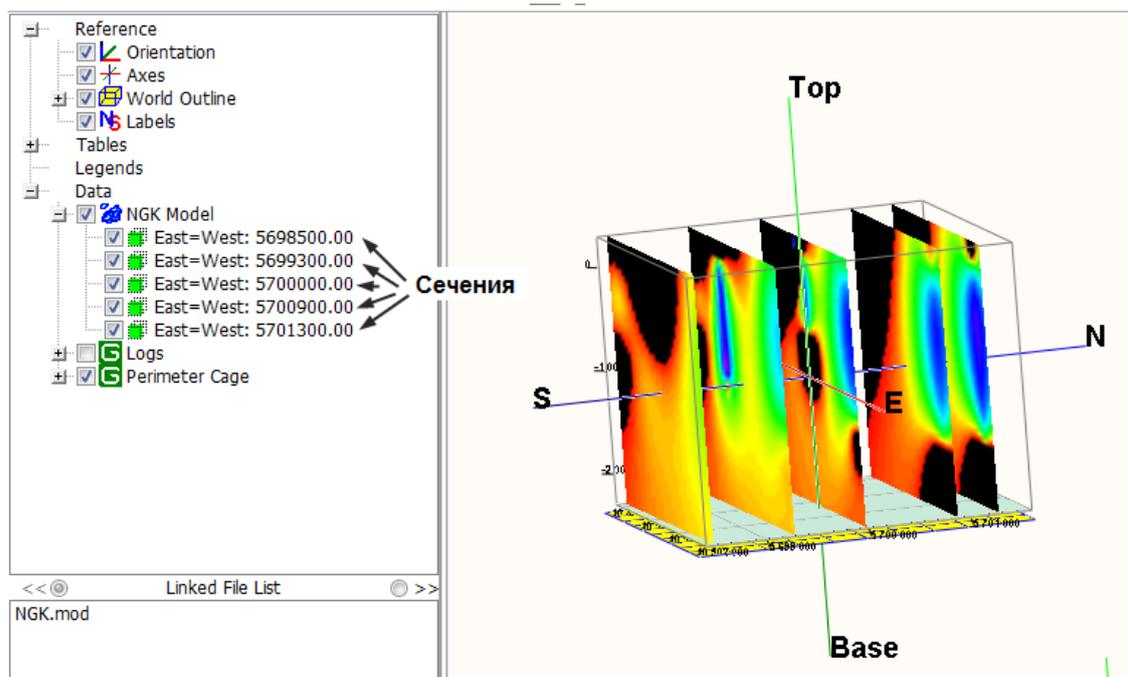
Позиционирование сечения производится посредством специального ползунка, который можно интерактивно перемещать между двумя крайними положениями. Эти положения устанавливаются автоматически при выборе варианта сечения.

Так, если сечение горизонтальное края линейки скроллинга обозначаются Base и Top.



Добавление сечения к модели производится нажатием кнопки <Add>. При этом справа от неё появляется координата сечения в единицах измерения проекта.

В трёхмерном браузере созданные сечения добавляются к модели. Их можно выделять, отключать или удалять, что понятно из нижеследующего рисунка.



3.3 Картография

Карты, создаваемые в среде *Borehole Manager*, разделяются на два типа - карты дискретных данных и карты непрерывных цифровых полей.

Карты дискретных данных предназначены для изучения качественных признаков. Их шкала измерения состоит всего из двух альтернативных градаций, например: истина-ложь; есть-нет; гранит-негранит; девон-недевон. К этому семейству принадлежат разнообразные карты фактического материала, тектонические, фациальные, прогнозные и многие другие карты общегеологического назначения.

Карты цифровых полей строятся с использованием интерполяционных алгоритмов, настройки которых аналогичны рассмотренным выше для 3D-моделей. К таким картам относятся карты разнообразных рельефов, геохимических полей, мощностей, температур и т.п. В понятийном плане основные аспекты геологического картопостроения достаточно подробно рассмотрены в работе [9].

3.3.1 Карты дискретных признаков

В меню Stratigraphy и Lithology имеется по два пункта- Surface Map и Plan Map для построения *дискретных* карт стратиграфических формаций и литологического

состава. Такие же пункты входят в меню I-Data, P-Data, Factures, но здесь они используются для генерации карт *количественных* признаков.

Карты поверхностей (Stratigraphy → Surface Map)

Карты стратиграфических поверхностей представляют собой настоящие геологические карты поверхности несогласия. В этом качестве выступают заранее созданные «топографические» поверхности любой природы. Это может быть дневная поверхность или одна из поверхностей подземного рельефа. В картографическом интерфейсе она задаётся с помощью специального параметра Surface Topography Grid.

Топографический грид, представляет собой числовую сетку, ячейки которой заполнены высотными отметками заданной поверхности несогласия (например, кровли кунгурского яруса). Размерности этой сетки, т.е. шаг по оси X (Easting) и оси Y (Northing) заимствуются из грида проекта *Borehole Manager*. Вычисленные в ходе картопостроения стратиграфические единицы математически точно проецируются в ячейки топографического грида любой сложности, что гарантирует от планиметрических ошибок.

Модуль Surface Map генерирует временную стратиграфическую модель, путём интерполяции стратиграфических разбивок скважинных данных. Если такая модель уже существует, то её создания даже не требуется. Вы можете просто снять флажок с опции Interpolate Surface и указать путь до ранее рассчитанного выходного грида, который контролируется параметром Output Grid.

Если всё же интерполяция необходима, то её параметры аналогичны рассмотренным ранее при построении 3-D моделей. Поэтому сейчас мы сосредоточимся на опциях картографической диаграммы (Diagram Options), позволяющих настроить внешний вид создаваемой геологической карты.

Все эти опции устанавливаются в диалоговом окне Surface Stratigraphy (Geology) Map Options, которое появляется после выполнения каскада Stratigraphy → Surface Map.

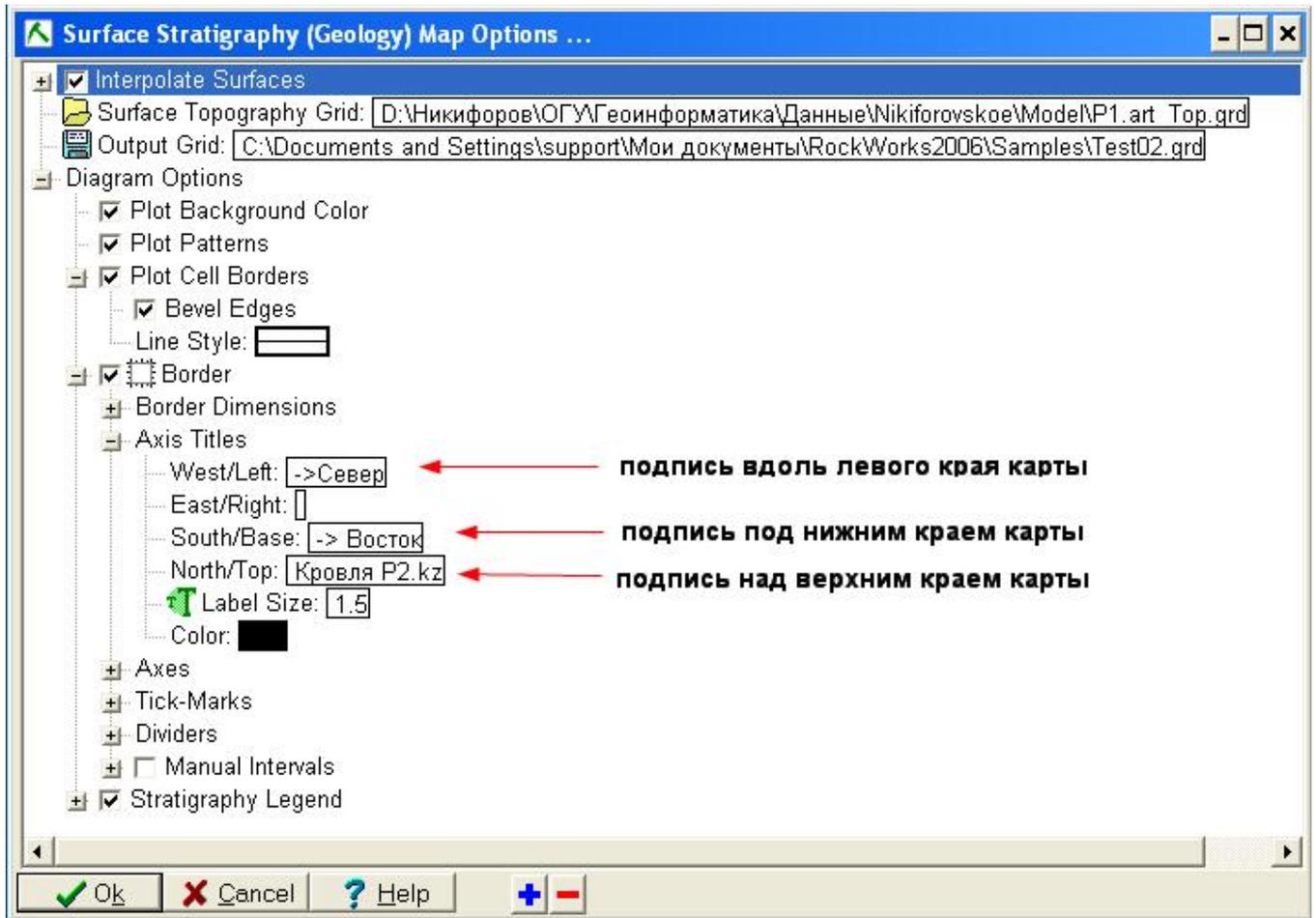
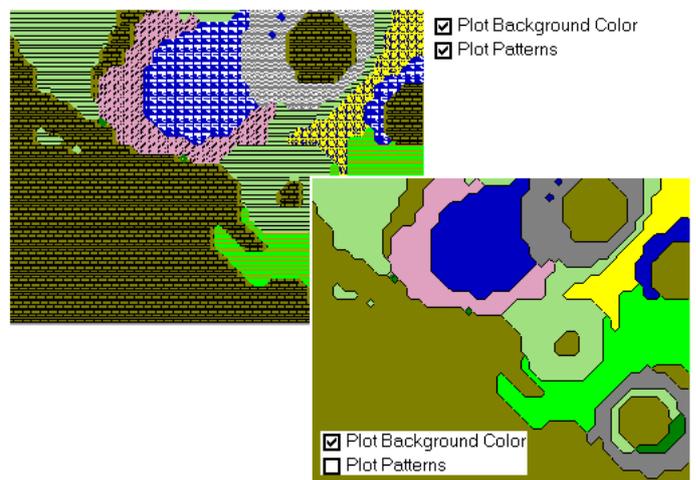


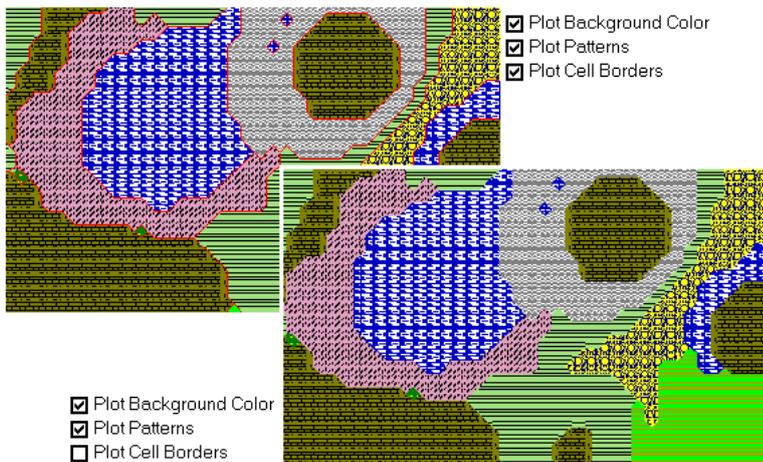
Diagram Option:

- Plot Background Color. Данная опция должна быть включена, если необходимо отобразить стратиграфически однородные области с помощью фоновой заливки. Её цвета будут заимствоваться из стратиграфической таблицы проекта;
- Plot Patterns. Данная опция должна быть включена, если необходимо отобразить стратиграфические зоны с помощью краповой штриховки. При этом будет использоваться крап, заимствованный из стратиграфи-



ческой таблицы проекта. Этот параметр имеет дополнительный вложенный уровень, позволяющий указать толщину линий и точек, используемых для штриховки. По умолчанию выбираются самые тонкие линии (толщина = 1);

- Plot Cell Borders. Опция включается если необходимо выделение границ стратиграфических зон или границ каждой ячейки грида. Опция имеет два дополнительных вложения;



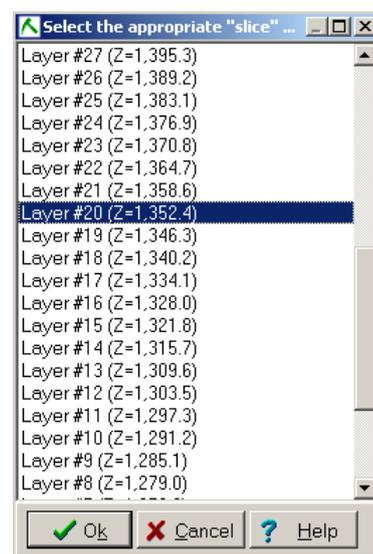
- Bevel Edges. Если включить подопцию, то на карте будут отображены только границы геологических зон со сглаженными краями (без прямых углов). В противном случае границы будут проведены вокруг всех ячеек грида;

- Line Style. Позволяет выбрать толщину линий, стиль и цвет проводимых геологических границ;
- Border. Обеспечивает подписи картографических границ и проставление координатных меток;
- Stratigraphy Legend. Добавляет к карте полную стратиграфическую легенду.

Погоризонтные срезы (Stratigraphy → Plan Map)

Карты, генерируемые данным модулем, отличаются от предыдущих, только способом выбора горизонтальных сечений. Если в *Surface Map* для этого используются топографические поверхности, то здесь набор горизонтальных плоскостей, упорядоченных по абсолютным отметкам высот (Z- координате).

Список выбора появляется во время работы алгоритма, а набор опций и параметров полностью идентичен опи-



санным для предыдущего случая. Нам нужно только указать подходящий срез и соответствующая геологическая карта с выбранным оформлением будет построена и представлена в окне 2-D браузера.

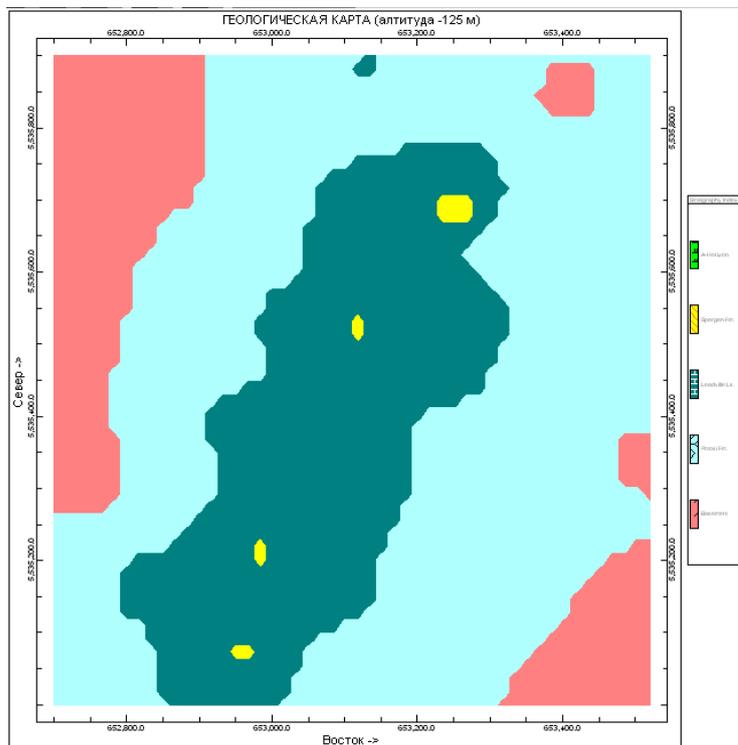


Рисунок 18- Геологическая карта, построенная методом горизонтального среза

3.3.2 Карты количественных признаков

Рассмотрим технику построения карт, полученных путём интерполяции количественных данных через уже известное меню Stratigraphy. Оно обеспечивает инструментарий для создания как двумерных, так и трёхмерных вариантов отображения стратиграфических поверхностей, перечисленных в справочнике Stratigraphy Types. Различаются два типа таких карт:

- реальные поверхности т.н. «подземного» рельефа, представляющие кровлю или подошву стратиграфических формаций (Stratigraphy→Structure Elevations);
- карты толщин стратиграфических формаций (Stratigraphy→Stratigraphic Thicknesses).

В обоих случаях имеются возможности создания как двумерных, так и трёхмерных вариантов картографических диаграмм. При этом, на трёхмерных диаграммах Structure Elevations могут отображаться одна или сразу несколько поверхностей одновременно. Это становится понятным при рассмотрении прилагаемых интерфейсных выкопировок.



Рисунок 19- Интерфейс построения структурных поверхностей

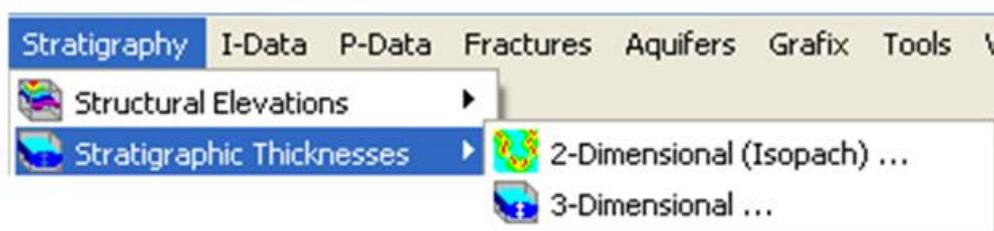


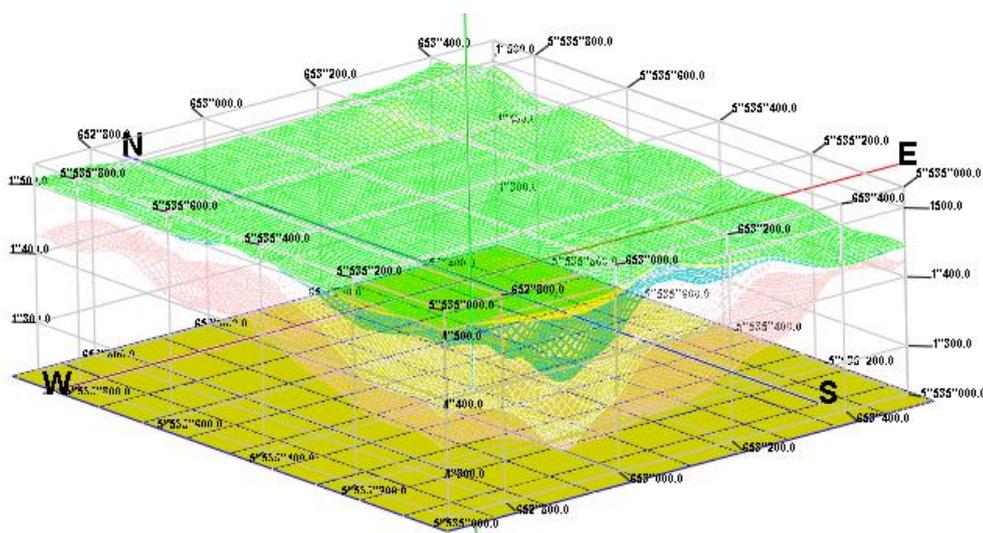
Рисунок 20- Интерфейс построения карты толщин

К а р т ы с т р у к т у р н ы х п о в е р х н о с т е й

Интерфейс создания карт структурных поверхностей полностью унифицирован с рассмотренными выше примерами, в связи с чем нет смысла рассматривать его детально. Единственное отличие- это то, что пользователь должен выбрать из выпадающего списка стратиграфических формаций кровлю (Top) или подошву (Base) картируемой поверхности.

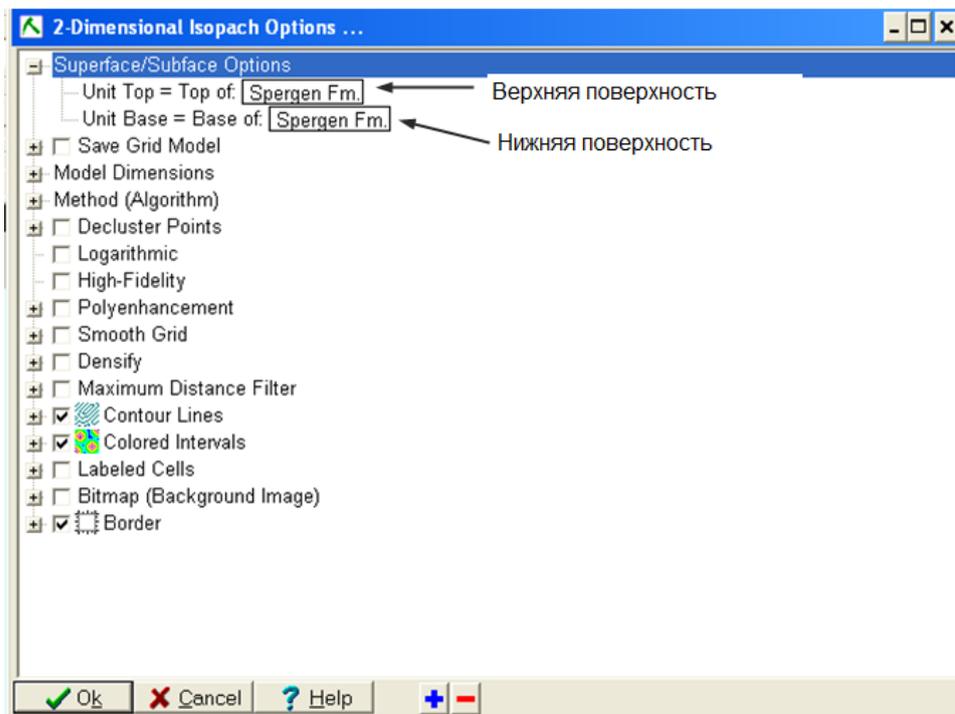
В случае создания множества поверхностей (опция All Surface) построятся все поверхности, перечисленные в справочнике проекта **Borehole Manager**. Им присвоятся имена, состоящие из названия формации, символа подчёркивания и расширения *.grd. Так для формации P1.k возникнет имя P1.k_.grd.

Внешний вид полного комплекта стратиграфических поверхностей отображается в 3D-браузере может выглядеть как на нижеприведённом рисунке.



Карты толщин

Для построения карты толщин необходимо задать две поверхности из стратиграфического справочника, играющие роль кровли и подошвы интересующей нас части геологического разреза. Для модуля *Borehole Manager* v.2006 они задаются через окно 2 Dimensional Isopach Options.



Построенные карты толщин в двумерном и трёхмерном представлении могут выглядеть как на рисунке 21.

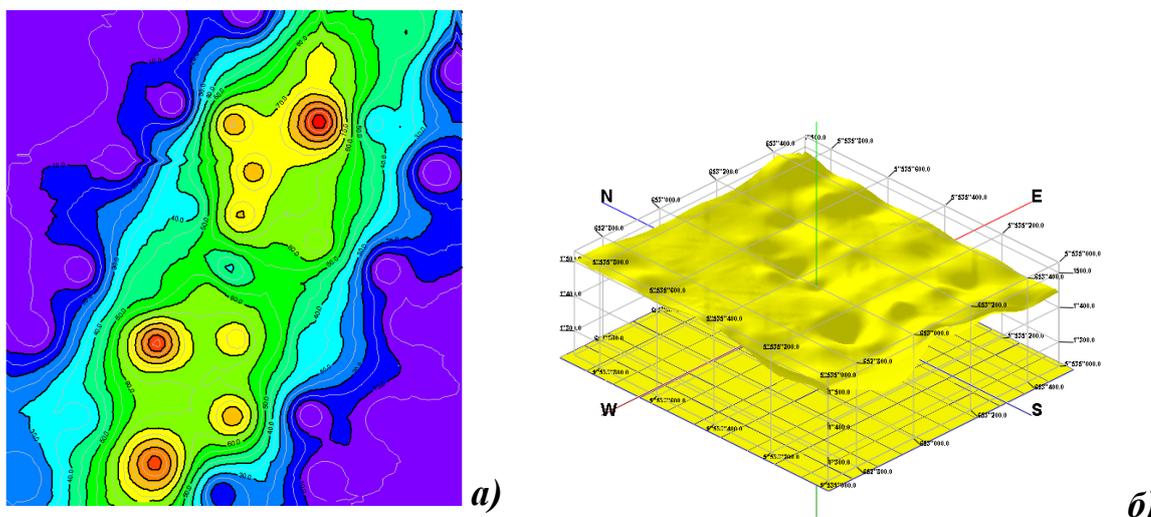


Рисунок 21- Карты толщин в 2D- браузере (а) и 3D- браузере (б)

3.4 Геологические разрезы и профили

В модуле *Borehole Manager* под разрезами понимаются любые вертикальные сечения недр. Их построение обеспечивается для *всех* типов данных, при этом сами разрезы подразделяются по:

- способу построения;
- сложности в плане;
- способу отображения.

По способу построения выделяются модельные (Modeled) разрезы и разрезы созданные прямой межскважинной корреляцией (Stright).

По сложности в плане разрезы подразделяются на профильные (Profile) и секционные (Section) разрезы.

По способу отображения разрезы могут быть представлены двумерными рисунками или трёхмерными блок-диаграммами (Fence).

3.4.1 Модельный и корреляционный варианты разреза (вкладка Stratigraphy)

Разрезы, построенные путём рассечения трёхмерной числовой сети, заполненной с помощью интерполяционных алгоритмов (обычно при 3-D моделировании) принято называть модельными.

Эта технология позволяет строить сечения любой сложности, совершенно не придерживаясь профилей бурения. Такие возможности объясняются предварительным расчётом стратиграфических поверхностей несогласия (гридов) по всему пространству проекта. Поскольку данные о стратиграфии уже индуцированы в узлы вспомогательной информационной сети, построение разреза становится формальной процедурой. Следы стратиграфических подразделений, которые выбираются из соответствующих справочников, автоматически проецируются на вертикальную плоскость разреза (рисунок 22).

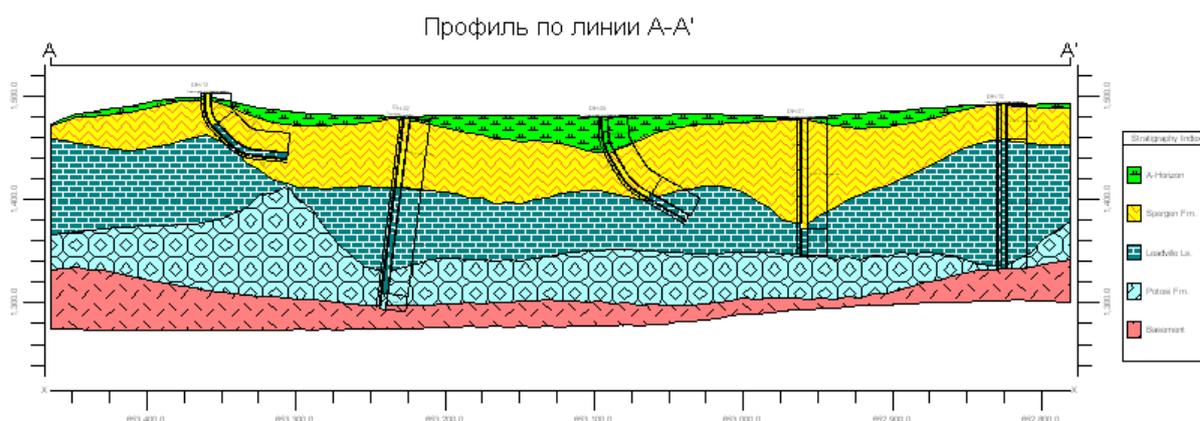


Рисунок 22- Модельный геологический разрез

В противоположность *модельному* можно выбрать традиционный *прямой* способ создания разрезов, путём корреляции вскрытых буровыми скважинами геологических контактов (рисунок 23). При этом автоматически учитывается кривизна скважин, что само по себе является весьма трудоёмкой задачей для традиционного «чертёжного» исполнения вертикальных сечений по данным бурения [10].

Корреляция межпластовых поверхностей на разрезах, отстроенных *прямым* способом, осуществляется отрезками *прямых* линий, поскольку опущен этап их пространственной интерполяции (рисунок 23).

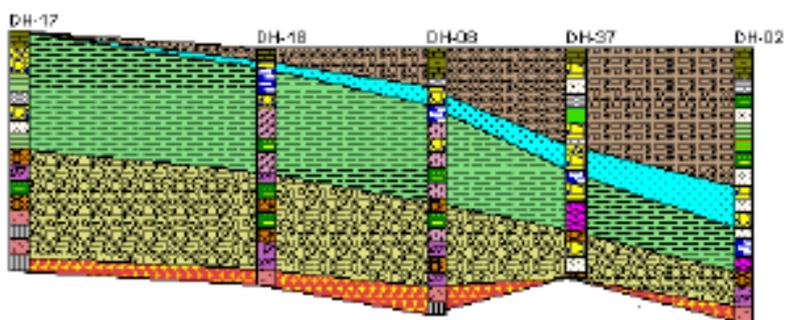
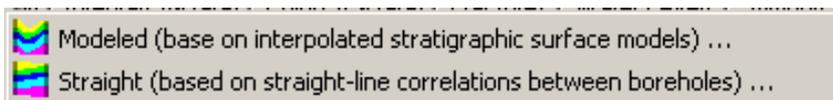


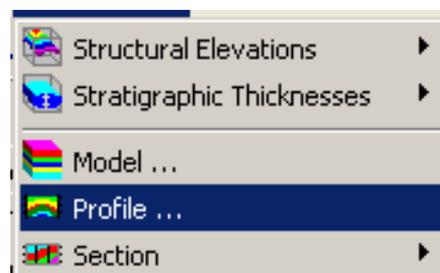
Рисунок 23- Геологический разрез построенный прямым способом

Для выбора того или иного метода необходимо воспользоваться соответствующими интуитивно понятными пунктами меню:



3.4.2 Профильные и секционные разрезы

Разница между профильными и секционными разрезами заключается в том, что профильные представляют собой в плане *прямую* линию, тогда как вторые- *ломаную* (рисунок 24).



Выбор типа разреза производится с помощью специального меню, а сама возможность задания трассы сечения реализована через специальный картографического интерфейса. Он становится доступен во время выполнения программы и представляет интерактивную карту фактического материала. С помощью курсора мыши можно задать последовательность точек, через которые пройдёт вертикальная плоскость. В случае профильного разреза таких точек только две, а для секционного разреза их число не ограничено. При этом картографический интерфейс даёт возможность задать ширину т.н. «скважинного коридора». Все скважины или их части попавшие в этот коридор участвуют в построении разреза.

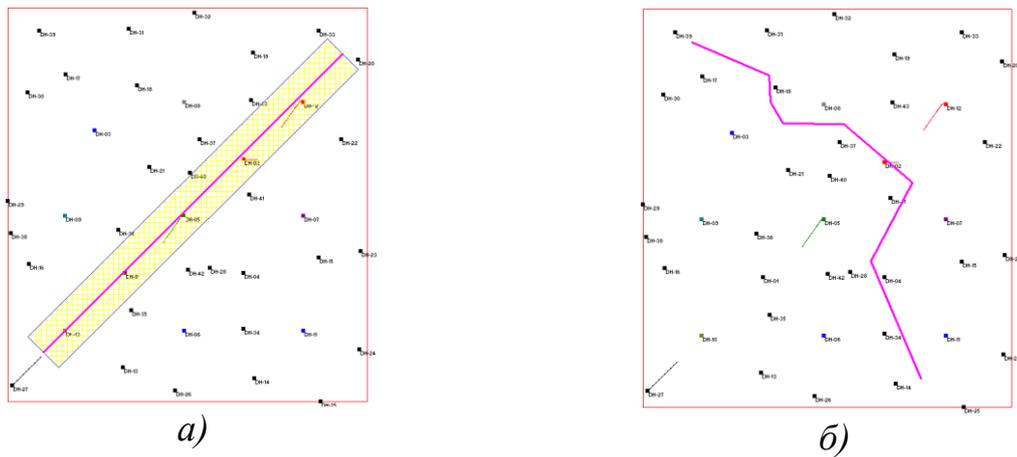


Рисунок 24- Линии профильного (а) и секционного (б) геологических разрезов

3.4.3 Трёхмерные системы вертикальных сечений

Метод Fence(забор, разгораживать- *англ.*) предназначен для построения не одного разреза, а целой системы произвольно ориентированных сечений. Доступ к нему организован через специальный пункт в меню Stratigraphy, а оформление системы сечений задаётся через уже знакомый нам картографический интерфейс. Он содержит несколько шаблонов симметричных разрезов, но позволяет создать и собственные схемы. При этом реализуются два варианта сечений- модельный и корреляционный соответственно. В последнем случае линии разрезов будут проходить через ближайшие скважины (рисунок 25).

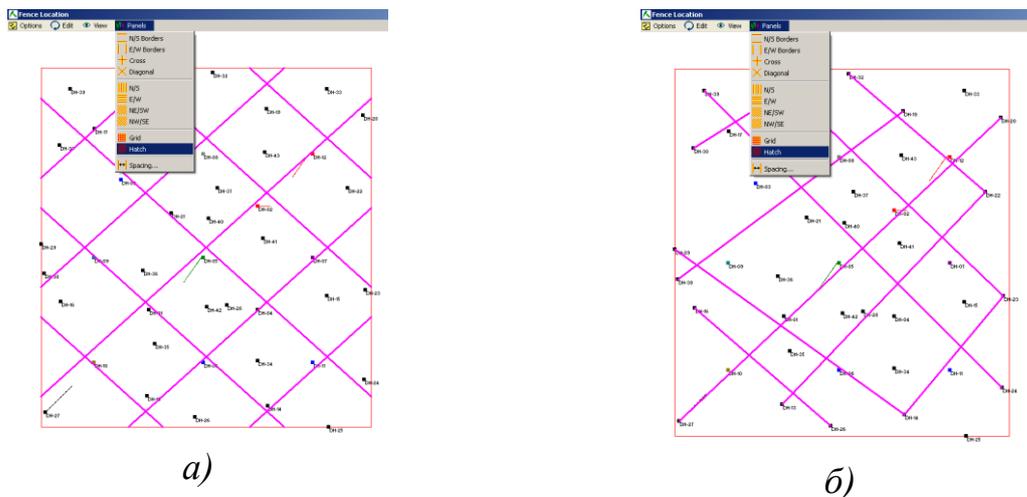
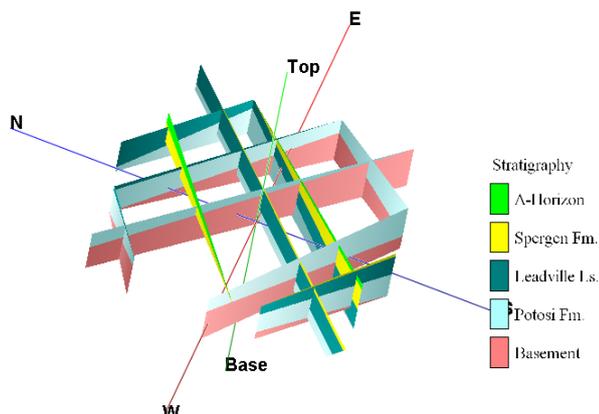


Рисунок 25- Картографический интерфейс метода Fence- а) модельный; б) корреляционный варианты

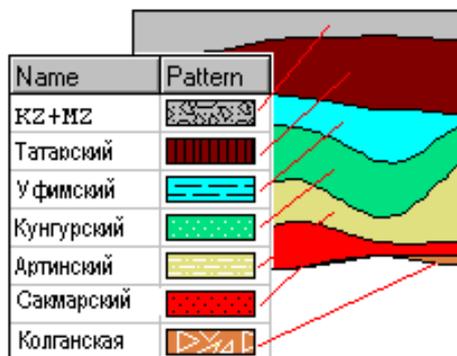
В результате работы алгоритма создаётся псевдотрёхмерная блок-диаграмма, которую можно обозреть с произвольного ракурса.



3.4.4 Настроечные параметры и опции вертикальных сечений

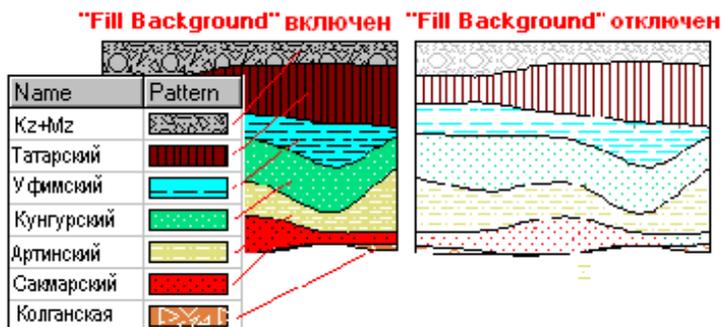
Опция корреляции *Fill Background*

Контурь разреза заливаются цветом фона из стратиграфической таблицы проекта.



Опция *Plot Patterns*

Заполняет контурь разреза крапом из стратиграфической таблицы проекта.



О п ц и я P l o t O u t l i n e s

Опция позволяет выбрать толщину и тип линий геологических контактов.

О п ц и я P l o t L o g s

Опция активируется если необходимо добавить к разрезу трассы скважин. После этого её необходимо раскрыть, для доступа к вложенным параметрам отображения информации по стволу скважины:

- *Default Search Distance*. Данный параметр определяет максимальную дистанцию для «захвата» скважины, которая будет проецироваться на плоскость разреза;
- *Intended Vertical Exaggeration Factor*. Опция активизируется, если необходимо увеличить вертикальный масштаб разреза. Здесь можно ввести коэффициент увеличения. Значение «1» означает, что горизонтальная и вертикальная оси разреза отображаются в одинаковом масштабе. Значение «5» означает умножение вертикального масштаба в пять раз;
- *Perimeter Annotation*: Эту опцию необходимо раскрыть для доступа к параметрам настройки заголовка и прочих сведений, распределённых по периметру разреза;
- *Plot Horizontal Line Along Top*. Необходимо выбрать этот параметр, чтобы включить в конструкцию разреза горизонтальную линию, проходящую над ним;
- *Plot Vertical Lines at Panel Edges*. Необходимо выбрать этот параметр, чтобы включить в конструкцию разреза вертикальные линии на месте сопряжений секций разреза;
- *Plot Tick Marks at Panel Edges*. Выберите данный параметр, если необходимо включить в разрез координатные метки.

О п ц и я P l o t V e r t e x C o o r d i n a t e s :

Опция используется если необходимо отобразить на диаграмме секционного

разреза координаты угловых точек. Опцию необходимо раскрыть, чтобы получить доступ к параметрам установки размера шрифта и точности представления десятичных дробей.

Параметр Font size

Опция задаёт размер шрифта в процентах от размаха диаграмм разреза.

Параметр Decimal Places

Определяет число десятичных позиций, которые должны представляться в подписях чисел.

Опция Plot Endpoint Labels

Опция необходима, чтобы включить в диаграмму подписи крайних точек разреза, например "A" and "A'". Для конкретизации внешнего вида подписей необходимо раскрыть этот пункт и указать размер шрифта, левую и правую метки подписи.

Опция Plot Title

Выбрав эту опцию, мы получим возможность включить в диаграмму разреза заголовок. Раскрыв опцию, мы получим доступ к параметрам установки шрифтов и набору текста заголовка. В целом структура разреза и значения настроечных параметров понятны из рисунка 26.

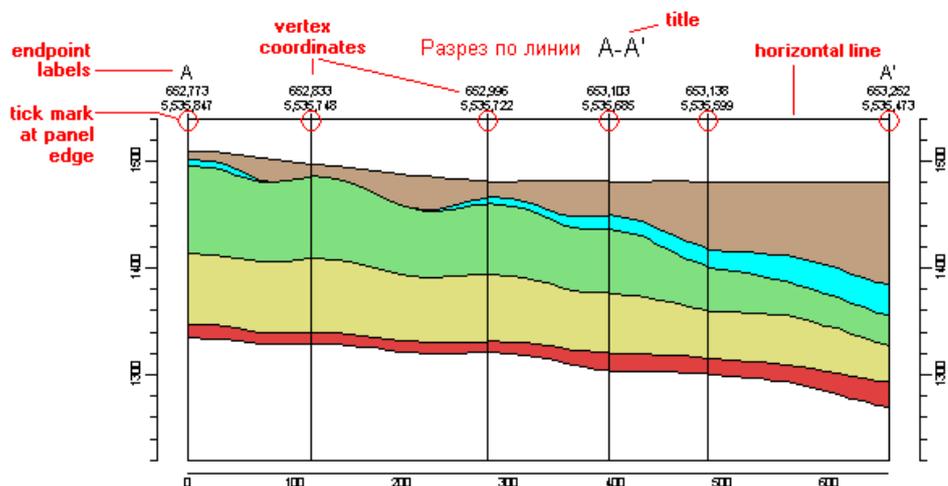


Рисунок 26- Обобщённая структура диаграммы геологического разреза

На этом изложение возможностей комплекса RockWorks в рамках настоящего пособия завершается. Хотя его объём и достаточен для успешного выполнения семестрового курса лабораторных работ по направлению подготовки 130100, он далеко не охватывает всей функциональности этого интересного программного средства геолого-математического моделирования. Дополнительные сведения о нём доступны через весьма подробный контекстно-справочный интерфейс, запускающийся по нажатию функциональной клавиши <F1>. Единственным препятствием для его понимания может стать только полное незнание английского языка.

Справедливости ради следует заметить, что грамматическом и лексическом плане упомянутый справочный материал организован весьма просто и логично. Последовательность его изучения может быть любой, благодаря множеству гиперссылок. Текст иллюстрируется сотнями рисунков с необходимыми указателями и пояснениями.

4 Вопросы для самоконтроля

- 1 Как отразить анизотропию геологического пространства через параметры числовых сетей?
- 2 Что заносится в столбец *Order* справочной стратиграфической таблицы *RockWorks2006*.
- 3 Мы не намерены отображать участки продуктивного пласта, толщиной менее одного метра. Какая опция настройки стратиграфической модели должна быть задействована для выполнения данной задачи?
- 4 При создании стратиграфической модели обнаружилось взаимопроникновение стратиграфических горизонтов. Какая опция интерфейса стратиграфического моделирования должна быть включена, чтобы избежать этого?
- 5 Какие виды плоских сечений Вам известны?
- 6 Чем отличаются сечения непрерывных числовых полей от сечений отражающих дискретные геологические признаки?

- 7 Какие два основных подхода построения плоских сечений реализованы в комплексе *Borehole Manager* ?
- 8 На основании какого признака строится интерполяционная стратиграфическая модель *Borehole Manager* ?
- 9 Какие типы карт доступны для построения в среде *Borehole Manager* ?
- 10 Что такое топографические поверхности с точки зрения модуля *Surface Map*?
- 11 Какой параметр используется для задания топографических поверхностей?
- 12 Чем отличаются друг от друга профильные и секционные разрезы?
- 13 Что означает настроечный параметр Vertical Exaggeration Factor?
- 14 Что означает настроечный параметр Default Search Distance?
- 15 Как производится учёт разломов в комплексе *RockWorks 2006*?
- 16 Каковы правила задания зенитного угла во вкладке Orientation?
- 17 В каких единицах задаётся азимут направления ствола скважины во вкладке Orientation?
- 18 В чём состоит отличие структуры вкладок I-Data и P-Data?
- 19 Что заносится в графу Order справочника Stratigraphy Types?
- 20 Какие изменения необходимо внести в заголовок LAS-файла для его связи с конкретной скважиной?
- 21 Какова структура текстового файла, описывающего разрывные нарушения в среде *RockWorks 2006*?
- 22 Как отказаться от отображения конкретного стратиграфического подразделения в легендах к картам, разрезам и 3-D моделям?
- 23 Вы намерены перенести созданный на лабораторном занятии учебный проект *Borehole Manager* на домашний компьютер. Как это сделать?
- 24 Вы намерены отобразить фотографии шлифов керн, расположив их вдоль ствола скважины на соответствующих глубинах. Каким образом можно решить эту задачу?
- 25 Как наглядно отобразить элементы залегания пластов средствами *Borehole Manager*?

- 26 В каких случаях размерность проектного грида при использовании опций Scan Enabled Boreholes и Scan All Boreholes останется неизменной?
- 27 Для чего предназначена опция Clean Data настройки размерности проектного грида?
- 28 Какие названия листов будет иметь Excel-книга, созданная при экспорте проекта *Borehole Manager*?
- 29 Из какой вкладки БД *Borehole Manager* считываются названия скважин для оформления всех типов создаваемых диаграмм?
- 30 Из какой вкладки БД *Borehole Manager* считываются наименования графических файлов для оформления разрезов по скважинам?
- 31 Из какой вкладки БД *Borehole Manager* считываются данные каротажа для оформления всех типов создаваемых диаграмм?
- 32 Каково максимальное число графиков каротажных кривых можно отобразить на разрезе скважины?
- 33 Каково информационное представление 3-D моделей, генерируемых средствами комплекса *RockWorks*?
- 34 Для чего предназначена опция постобработки 3-D моделирования Decluster Points?
- 35 Для чего предназначена опция постобработки 3-D моделирования Maximum Distance Filer?
- 36 Для чего предназначена опция диаграммной настройки 3-D моделирования Baseplate?
- 37 Для чего предназначена опция диаграммной настройки 3-D моделирования Plot Logs?
- 38 Мы хотим построить 3-D модель в границах, отличающихся от проектного экстенда. Какие способы решения данной задачи Вам известны?
- 39 Для чего предназначен параметр Weighting Exponent интерполяционного алгоритма Inverse Distance?
- 40 Для чего предназначен параметр Sector-Based Searching интерполяционного алгоритма Inverse Distance?

- 41 Какие значения может принимать предназначен параметр Sector-Based Searching интерполяционного алгоритма Inverse Distance?
- 42 Для чего предназначен параметр Sector Angle интерполяционного алгоритма Inverse Distance?
- 43 Для чего предназначен параметр Points per Sector интерполяционного алгоритма Inverse Distance?
- 44 Для чего предназначен коэффициент distance multiplier интерполяционного алгоритма Inverse Distance?
- 45 Для чего предназначена опция постобработки Onlap?
- 46 Какое файловое расширение назначается файлу трёхмерной стратиграфической модели?
- 47 Какие файлы генерируются при создании трёхмерной стратиграфической модели и где они хранятся?
- 48 Можно ли использовать кириллические подписи для обозначения стратиграфических формаций в 3-D браузере?
- 49 Как управлять степенью прозрачности 3-D моделей?
- 50 Какие способы управления визуализацией стратиграфических формаций в среде 3-D браузера Вам известны?
- 51 Чем отличаются Solid-модели от стратиграфических моделей?
- 52 В чём состоит действие опции Solid-моделирования Sampling Method?
- 53 Чем отличается действие опции Solid-моделирования Filter Points от действия опции Model Dimensions?
- 54 Нам априори известны элементы залегания горных пород исследуемого участка. Как использовать эту информацию для настройки облика Solid-моделей?
- 55 Мы намерены построить Solid-модель в пределах определённой стратиграфической формации. Какую опцию моделирования следует для этого задействовать?
- 56 В чём заключается действие подопции Solid-моделирования Ignore Data Outside Unit?

- 57 С помощью какого параметра можно сгладить образ Solid-модели выбранной стратиграфической толщи?
- 58 Чем отличаются действия опций All Voxel и Isosurface?
- 59 Вы намерены окрасить поверхность Solid-модели цветом, пропорциональным G-значению объёмной изолинии её формирующей. При этом низкие G-значения должны отображаться холодными цветами. Какую опцию управления Solid-моделью следует задействовать для этого?
- 60 В каких случаях отображение поверхности Solid-модели не требуется?
- 61 Какую опцию управления Solid-моделью необходимо включить, чтобы её поверхность не отображалась?
- 62 Вы хотите, чтобы срезы модели координатными плоскостями окрашивались пропорционально G-значениям. Какие настройки управления моделью следует произвести для этого?
- 63 Вы хотите создать пустотелый образ Solid-модели. Какие настройки управления моделью следует произвести для этого?
- 64 Как исключить при визуализации Solid-модели пространство, в котором G-значения ниже пороговых.
- 65 Приведите примеры карт дискретных признаков и карт непрерывных цифровых полей.
- 66 Чем отличаются правила построения структурных поверхностей, от построения карт толщин?
- 67 Чем отличаются правила построения модельных и корреляционных вариантов геологических разрезов?
- 68 Чем отличаются друг от друга профильные и секционные разрезы?
- 69 Какие скважины участвуют в построении профильных разрезов?
- 70 Что означает опция Fill Background, используемая при построении разрезов?

Список использованных источников

- 1 Никифоров, И. А. Компьютерное моделирование геологических задач / И.А. Никифоров - Оренбург: ОГУ, 2007. - 99 с.
- 2 Геофизика: учебник для вузов / под ред. В. К. Хмелевского. - МГУ им. М. В. Ломоносова. - М.: КДУ, 2007. - 320 с. - ISBN 978-5-98227-264-5.
- 3 Сван, Т. Форматы файлов Windows / Т. Сван; пер. с англ. Д. А. Зарецкого. - М.: Бином, 1994. - 288 с. - ISBN 5-7503-0014-5
- 4 Роман, С. Использование макросов в Excel / С. Роман. - СПб.: Питер, 2004. - 507 с. - ISBN 5-94723-584-6
- 5 Холмогоров, В. Windows XP / В. Холмогоров. - СПб.: Питер, 2006. - 383 с. - ISBN 5-94723-776-8
- 6 Кошелев, В. Е. Базы данных в Access 2007 / В. Е. Кошелев. - М.: Бином-Пресс, 2009. - 592 с. - ISBN 978-5-9518-0356-6.
- 7 Гладкий, А. А. Excel 2007 / А. А. Гладкий, А. А. Чиртик. - СПб.: итер, 2007. - 368 с. - ISBN 978-5-91180-547-0.
- 8 Бекжанов, Г. Р. Геологические модели при прогнозировании ресурсов полезных ископаемых / Г. Р. Бекжанов, А. Н. Бугаец, В. Л. Лось. - М. : Недра, 1987. - 144 с.
- 9 Аронов, В. И. Методы построения карт геолого-геофизических признаков и геометризация залежей нефти и газа на ЭВМ / В. И. Аронов. - М. : Недра, 1990. - 303 с - ISBN 5-247-00576-7
- 10 Кузьмин, В. И. Построение геологических разрезов по данным искривленных разведочных скважин / В. И. Кузьмин, М. Я. Красноперов. - М.: Недра, 1971. - 48 с.