

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ухтинский государственный технический университет»
(УГТУ)

ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Часть 1. Геологическое моделирование

Методические указания

Ухта, УГТУ, 2015

УДК 550.8:532.5(075.8)

ББК 26.3 я7

Д 84

Дуркин, С. М.

Д 84 Геолого-гидродинамическое моделирование. В 3 ч. Ч.1. Геологическое моделирование [Текст] : метод. указания / С. М. Дуркин. – Ухта : УГТУ, 2015. – 38 с.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки «Нефтегазовое дело». Методические указания содержат материалы для выполнения практических работ по дисциплинам «Гидродинамическое моделирование коллекторов нефти и газа» и «Моделирование процесса разработки нефтяных месторождений». Работа выполнена в рамках реализации проекта по подготовке высококвалифицированных кадров для предприятий и организаций регионов (**Программа «Кадры для регионов»**).

УДК 550.8:532.5(075.8)

ББК 26.3 я7

Содержание издания согласовано с заместителем директора по геологии ООО «Квант» Могутовым А. С.

Методические указания рассмотрены, одобрены и рекомендованы для издания выпускающей кафедрой разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики (пр. № 4 от 20.11.2015.).

Рецензенты: А. А. Мордвинов, профессор кафедры РЭНГМиПГ УГТУ; А. С. Могутов, зам. директора по геологии ООО «Квант», к.т.н.

Научно-методический редактор: С. А. Леонтьев, проректор по научной работе и инновационной деятельности УГТУ, доцент, д.т.н.

Корректор: П. В. Котова. Технический редактор: Л. П. Коровкина.

В методических указаниях учтены замечания рецензентов.

План 2015 г., позиция 051.

Подписано в печать 30.11.2015. Компьютерный набор.

Объем 38 с. Тираж 120 экз. Заказ № 301.

© Ухтинский государственный технический университет, 2015

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13.

Типография УГТУ.

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Октябрьская, 13.

Оглавление

ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	4
1.1 Создание проекта моделирования.....	4
1.1.1 Определение структуры проекта.....	4
1.1.2 Исходные данные	6
1.1.3 Этапы работы.....	10
1.1.4 Загрузка данных	11
1.2 Структурное моделирование	26
1.2.1 Построение структурной карты горизонта Seismic.....	26
1.2.2 Расчёт isochore well picks	32
1.2.3 Построение карты общих толщин.....	32
Список использованной литературы	38

ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В настоящее время одним из главных направлений повышения качества проектирования, управления и контроля над разработкой месторождений нефти и газа является использование компьютерных постоянно действующих геолого-технологических моделей (ПДГТМ). В России идёт процесс внедрения в практику передовых технологий, позволяющих оперировать с геологической и технологической информацией в трёхмерном объёме (3D), а также с учётом изменения во времени (4D).

Построение геолого-технологических моделей как на поисково-разведочном, так и на эксплуатационном этапах жизни месторождения позволяет:

- строить объёмную модель залежи или месторождения УВ как имитацию реального геологического объекта;
- непрерывно уточнять модель и тем самым повышать эффективность геологоразведочного процесса;
- регулировать принятую на данный момент систему разработки на любой момент времени с целью улучшения показателей добычи и повышения КИН;
- уточнять и пересчитывать извлекаемые запасы залежей УВ в зависимости от применения наиболее эффективных технологий;
- обосновывать оптимальную стратегию доразведки и доработки месторождения.

В ПДГТМ различают две основных вида моделей – геологическую и фильтрационную. Геологическая модель детально представляет геологическую среду, в которой расположена залежь или месторождение УВ. Фильтрационная модель, отличаясь наличием дополнительных параметров, отражает строение объекта более схематично, с возможным объединением нескольких подсчётных геологических объектов в единый объект моделирования.

В 2000 г. Минтопэнерго РФ выпустил «Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений» РД 153-39.0-047-00, где приведены общие требования, рекомендации и технология их создания, а также рекомендации по организации работ и использованию.

1.1 Создание проекта моделирования

1.1.1 Определение структуры проекта

На данном этапе, необходимо определить какие горизонты и изохоры будут содержаться в проекте.

Горизонт – это границы между пластами.

Изохора – это объект, характеризующий различные свойства зоны, толщина которой определяется соседними горизонтами.

Элементы структуры модели добавим с помощью панели *Stratigraphic framework*.

Некоторые замечания:

- названия горизонтов и изохор должны быть уникальными;
- в названиях горизонтов и изохор могут использоваться только латинские буквы;
- в названиях горизонтов и изохор не должны содержаться пробелы и знаки математических операций;
- каждый моделируемый интервал (пласт, пропласток, объект разработки, стратиграфический интервал и т. п.) должен быть представлен в структуре месторождения в виде последовательности трёх элементов: «горизонт» – «изохора» – «горизонт», трактующихся как «кровля» – «мощность» – «подошва» этого интервала;
- горизонты могут быть двух типов: *Interpreted horizon* (интерпретированный горизонт) – это горизонт, поверхность которого строится на основании исходных данных с использованием алгоритмов картопостроения. Процесс построения контролируется пользователем. *Calculated horizon* (рассчитанный горизонт) – это горизонт, поверхность которого строится методом схождения на основании скважинных данных относительно (или между) поверхностями интерпретированных горизонтов.

Подсветите контейнер *Horizons (1)*, в появившемся слева списке операций в секции *Horizons* выберите опцию *Stratigraphic framework (2)*, появится соответствующее диалоговое окно, пример которого приведён ниже.

Панель *Stratigraphic framework* предназначена для определения последовательности горизонтов и изохор проекта.

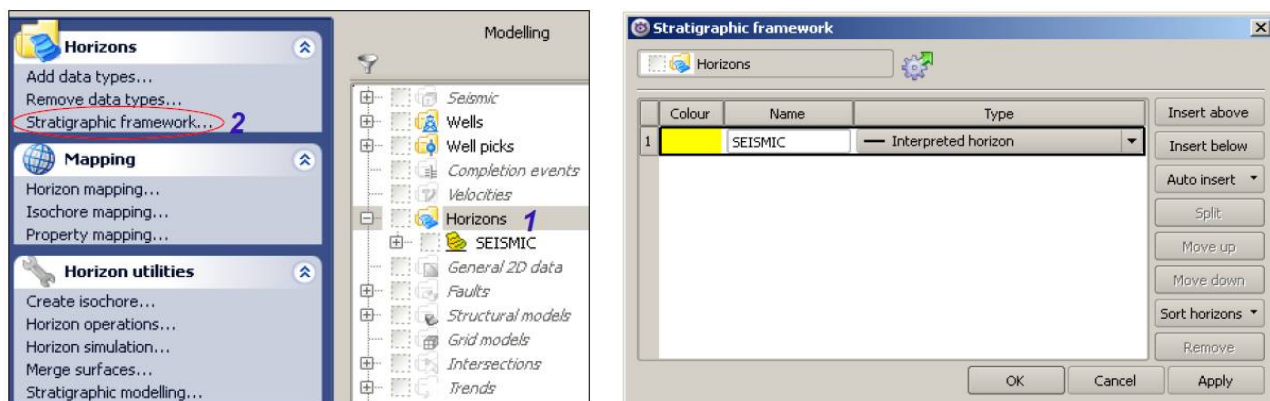


Рисунок 1.1 – Открытие панели *Stratigraphic framework*

В данную панель можно зайти на любом этапе работы с проектом для того, чтобы изменить структуру модели: добавить или убрать некоторые элементы модели.

Последовательность горизонтов и изохор задаётся с помощью кнопок в правой части панели.

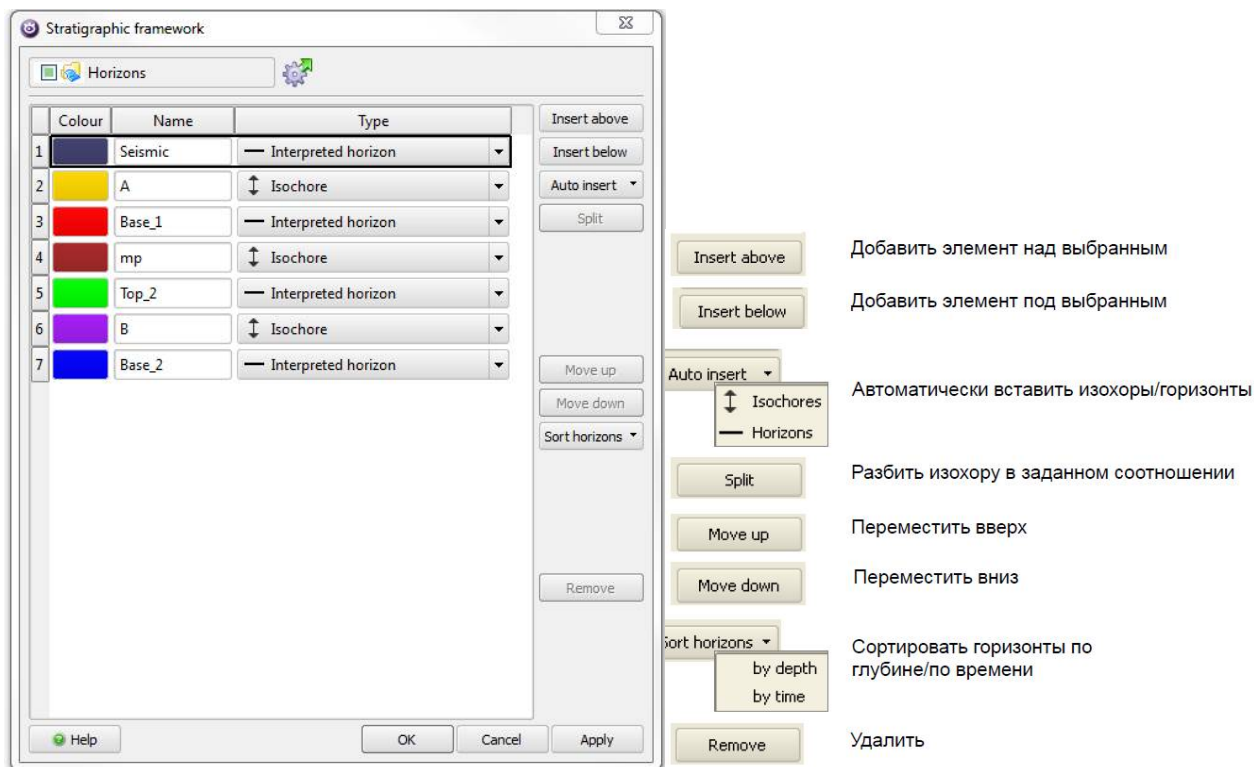


Рисунок 1.2 – Панель *Stratigraphic framework*

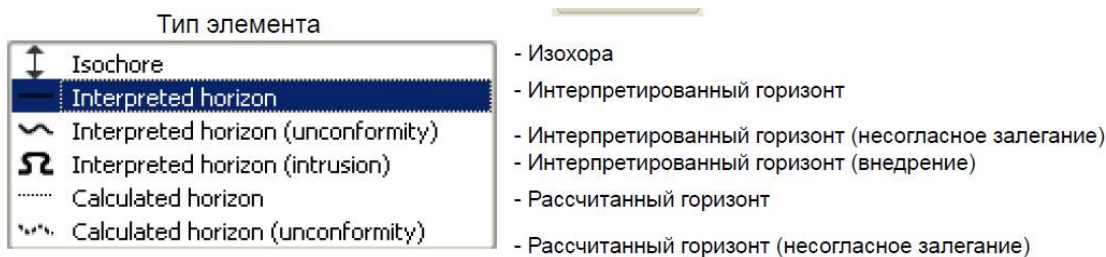


Рисунок 1.3 – Типы элементов в панели *Stratigraphic framework*

1.1.2 Исходные данные

В качестве исходных данных для построения модели, исследуемых отложений, будут использованы:

1. Результаты интерпретаций сейсмических данных (точки описывающие сейсмическую поверхность).
2. Данные по скважинам (координаты устьев, данные инклинометрии, данные ГИС и РИГИС).
3. Отбивки по горизонтам.

4. Общие геологические данные: Структурные карты кровли и подошвы коллектора, карты эффективных и нефтенасыщенных толщин 2D (из отчёта по подсчёту запасов) – используются для контроля качества построения и, если требуется, корректировки 3D-модели.

Исходные данные:

1. Результаты интерпретации сейсмических данных переданы в виде точек по горизонту Seismic в формате Roxar ASCII.

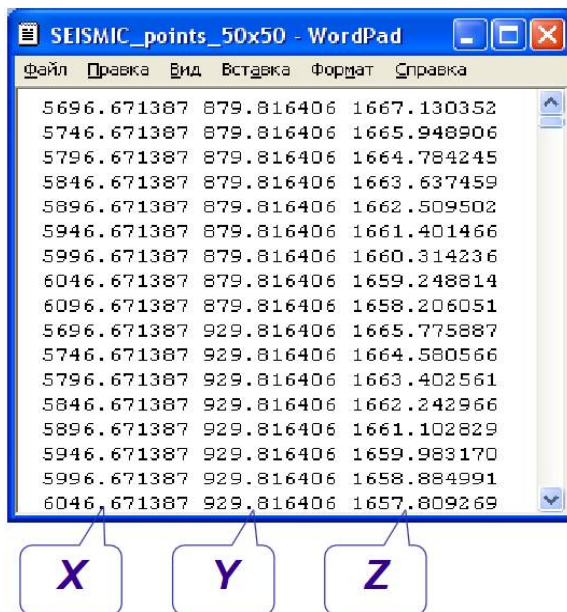


Рисунок 1.4 – Файл SEISMIC_point_50x50

2. В качестве скважинной информации в проекте будут использованы:

– координаты устьев скважин содержатся в отдельном файле, который также включает название скважин и значения альтитуд;



Рисунок 1.5 – Файл wellhead

– данные инклинометрии скважин содержатся в отдельных файлах, структура названий которых строится следующим образом: <Имя_скважины>.INCL;



Рисунок 1.6 – Файл <Имя_скважины>.INCL

– кривые ГИС и результаты интерпретации ГИС в файлах формата LAS версии 2.0:

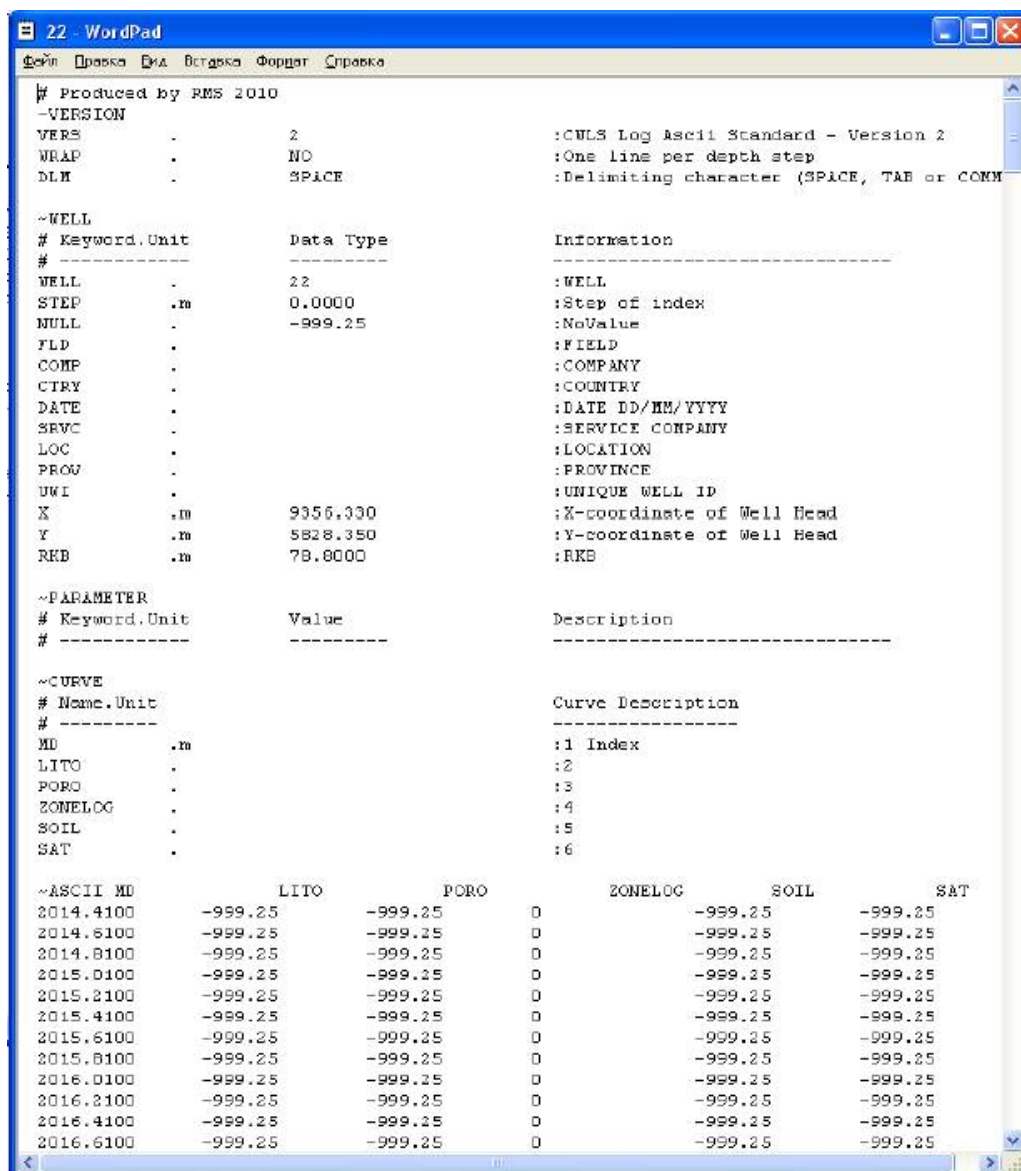


Рисунок 1.7 – Файл <Имя_скважины>.LAS

~CURVE			Curve Description	В секции CURVE перечислены все кривые, содержащиеся в LAS-файле. В данном примере в файле содержится информация об измеренной глубине (MD), а также о других геофизических кривых (ИК, GK, NGK, BK и т.д.).
# Name.Unit				
# -----			-----	
MD	.m	:1	Index	
PS	.	:2		
GK	.	:3		
NKT	.	:4		
BK	.	:5		
IK	.	:6		

~ASCII MD	PS	BK	IK	Секция ASCII содержит поточечные значения вышеперечисленных кривых. Первый столбец – глубина MD, далее все значения всех остальных кривых
2014.4100	57.21	-999.25	212.5	
2014.6100	58.79	-999.25	212.5	
2014.8100	60.67	-999.25	213.13	
2015.0100	63.18	6.99	212.5	
2015.2100	64.76	6.61	210.62	
2015.4100	64.44	7.25	209.99	
2015.6100	65.7	6.61	211.88	
2015.8100	68.53	6.31	210.62	
2016.0100	71.36	5.64	210.62	
2016.2100	73.25	5.91	209.99	
2016.4100	70.1	6.55	209.37	

Рисунок 1.8 – Описание LAS-формата версии 2.0

3. Отбивки по горизонтам:

Стратиграфические отбивки (Well picks) содержатся в двух файлах: Seismic_By horizons_xyz и All_By wells and horizons (рис. 1.9) – отличающихся форматами. В первом файле (3.1) содержатся координаты X, Y, абсолютная глубина (TVD) обивки по горизонту SEISMIC для каждой скважины. Второй файл (3.2) содержит имена остальных горизонтов, номера скважин и значения измеренных глубин (MD).

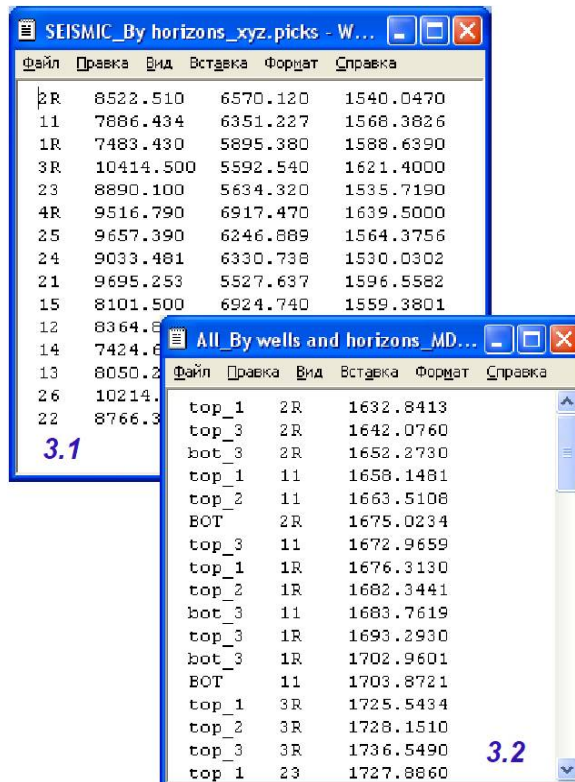


Рисунок 1.9 – Файлы, содержащие стратиграфические отбивки

1.1.3 Этапы работы

Традиционно технология геологического моделирования 3D представляется в виде следующих основных этапов (рис. 1):

1. Сбор, анализ и подготовка необходимой информации, загрузка данных.
2. Структурное моделирование (создание каркаса).
3. Создание сетки (3D-грида), осреднение (перенос) скважинных данных на сетку.
4. Фациальное (литологическое) моделирование.
5. Петрофизическое моделирование.
6. Подсчёт запасов углеводородов.

В зависимости от поставленной задачи возможно исключение каких-либо этапов или их повторение. Поскольку традиционная схема подробно освещается в руководствах пользователей, остановимся на ней кратко.

После загрузки исходных данных и создания рабочего проекта создаётся структурно-стратиграфический каркас модели. Для этого предварительно выполняется корреляция скважин (проставляются разбивки пластов в скважинах), прослеживаются опорные сейсмические горизонты, создаётся модель тектонических нарушений. На этой основе в рамках заданных границ участка моделирования и при выбранных горизонтальных размерах ячеек строится каркас, состоящий из горизонтов – стратиграфических границ пластов, посаженных на корреляционные разбивки и увязанных с поверхностями тектонических нарушений.

В рамках этого каркаса с учётом закономерностей осадконакопления для каждого пласта выполняется тонкая «нарезка» слоёв, создавая, таким образом, трёхмерную сетку (3D-grid). На ячейки сетки вдоль траекторий скважин выполняется перенос (осреднение) результатов интерпретации ГИС – кривых фаций, литологии, пористости, нефтенасыщенности и др. Иногда эта процедура называется ремасштабированием.

По этим скважинным данным, используя результаты интерпретации сейсморазведки в качестве трендовых параметров (если они есть), рассчитываются кубы свойств в ячейках сетки в межскважинном пространстве.

Вначале – дискретный куб фаций (литологии). Затем, с учётом вида распределения и пространственных закономерностей для каждой фации, строятся непрерывные кубы пористости K_n и проницаемости K_{np} .

Непрерывный куб нефтегазонасыщенности K_{ng} рассчитывается исходя из данных о свойствах пород (K_n , K_{np}), пластовых флюидов и закономерностей капиллярно-гравитационного равновесия (модели переходной зоны). Правда, для некоторых типов пород переходная зона может и отсутствовать. Предварительно для каждого пласта строятся поверхности флюидных контактов.

На основе этих кубов ФЕС производится подсчёт запасов углеводородов, проектирование скважин, модель передаётся гидродинамикам для фильтрационных расчётов. С появлением новой информации (бурение скважин, отстрел новых сейсмических кубов 3D, выполнение дополнительных исследований керна и др.) модель дополняется и корректируется. Другой причиной корректировки геологической модели могут служить замечания гидродинамиков, обоснованные результатами адаптации фильтрационной модели в процессе воспроизведения истории разработки [1].

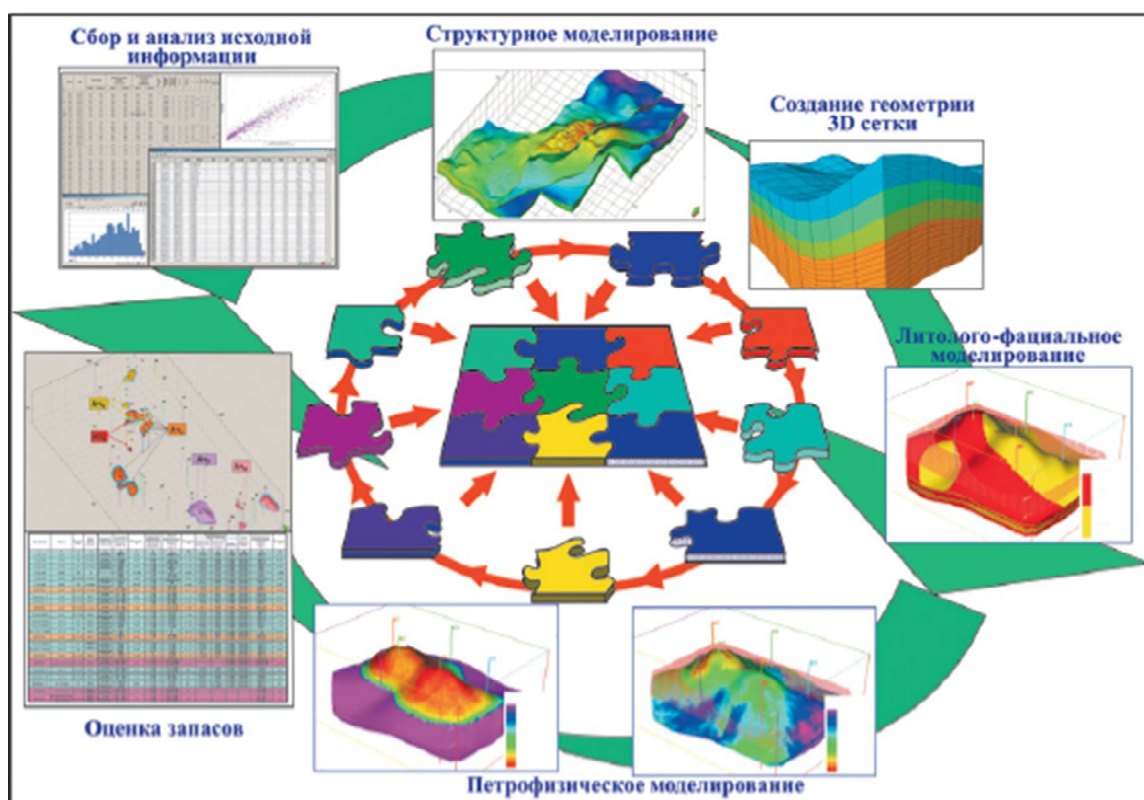


Рисунок 1.10 – Основные этапы создания цифровой геологической модели (по К. Е. Закревскому, 2009)

1.1.4 Загрузка данных

Первым шагом моделирования является импорт исходных данных в IRAP RMS.

1. Загрузка точек сеймики.

Прежде всего, загрузим результаты интерпретации сейсмических данных в виде точек по поверхности *SEISMIC* (рис. 1.11). Точки сеймики будем грузить в пока ещё пустой контейнер *Horizons*, но после выполнения задачи импорта в данном контейнере будет создан первый элемент структуры проекта. Для импорта точек в контейнер *Horizons* кликните на него. В списке операций данного контейнера в секции *Import* выберите опцию *Points/Polylines/Surfaces...* (1).

Появится панель *Import*, в которой можно выбрать тип загружаемых данных (2): точки, линии, поверхности; формат данных (3), загружаемый файл (4), папку, в которую будут помещены данные (5). Поскольку после выполнения данной задачи в контейнере *Horizons* создастся первый элемент структуры модели, который будет иметь название загружаемых данных (в нашем случае *SEISMIC_points_50x50*), логично было бы изменить название. Для этого выберите опцию *User defined* (6) и нажмите кнопку *Define...* (7), которая стала активной, для вызова панели *Target definition*.

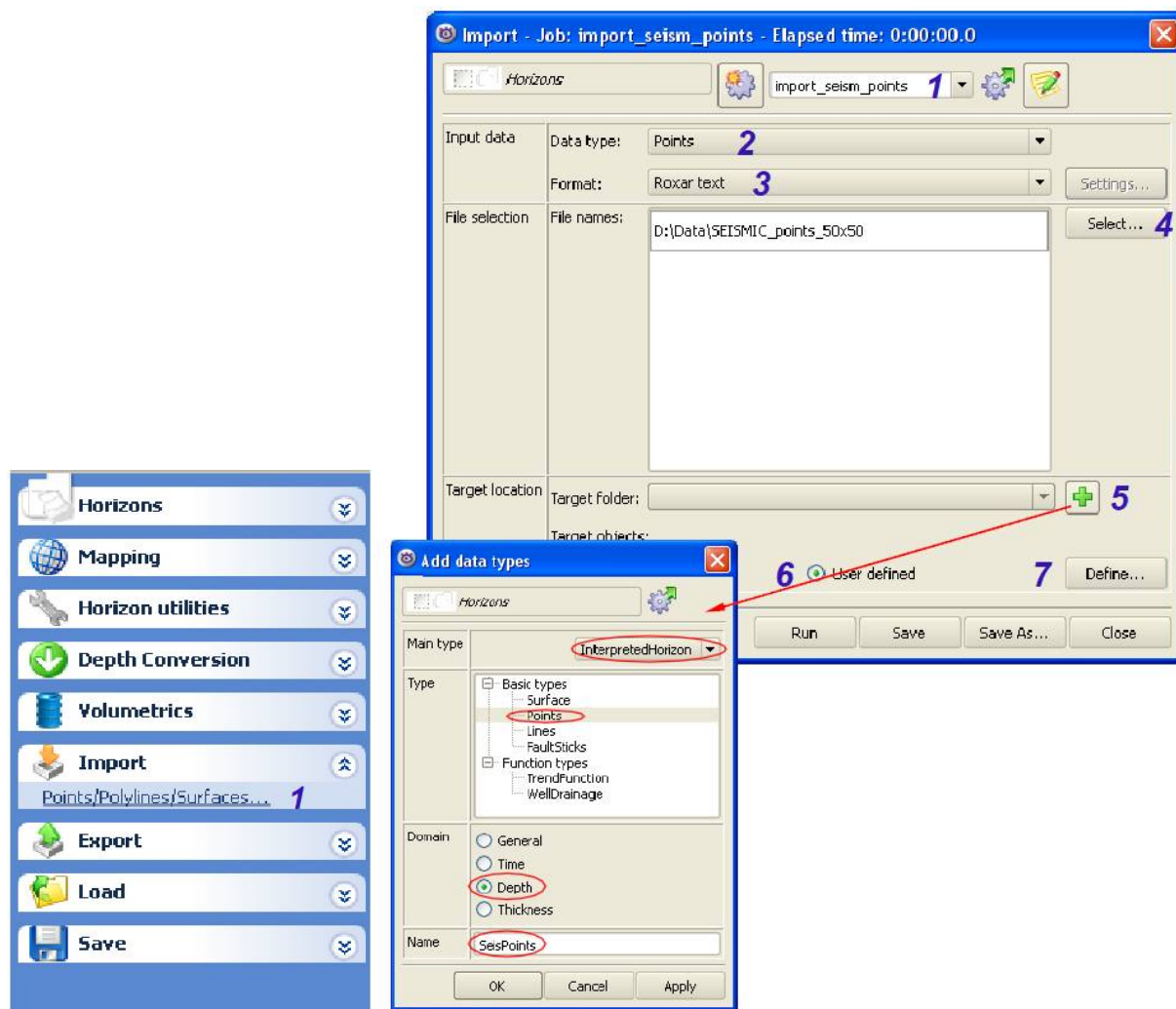


Рисунок 1.11 – Панель *Import*

В данной панели (рис. 1.12) Вы можете настроить различные правила, определяющие имена, с которыми данные загружаются в проект, а также их взаимодействие с уже имеющимися данными в проекте. Кликните на кнопку *Scan files* (8).

В таблице появится наш файл, при этом в столбцах *Input object name* и *RMS object name* имена будут одинаковы. Допустим, нам необходимо создать элемент структуры модели с именем *SEISMIC* (9). Нужно имя введите в колонке *RMS object name*. Нажмите ОК.

Вы вернётесь в панель *Import*, в которой необходимо нажать кнопку *Save* для сохранения задачи и *Run* для её выполнения. *Close*.

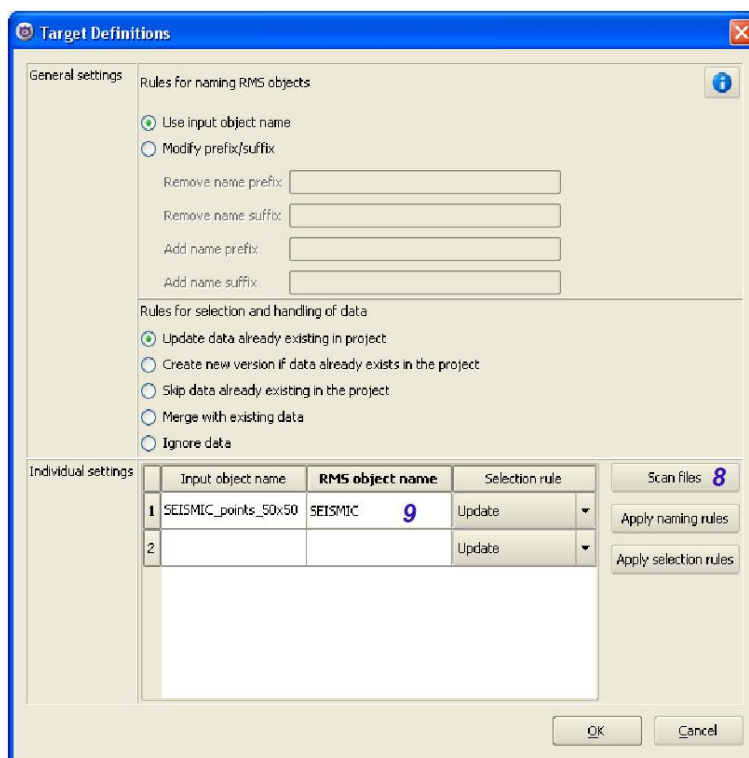


Рисунок 1.12 – Панель *Target definition*

В контейнере *Horizons* (рис. 1.13а) появился первый объект – *SEISMIC (10)*, нажав на +, вы откроете папку данного объекта и увидите, что появился тип данных *SeisPoints (11)*. Загруженные точки сеймики можно визуализировать в *3D*-окне.

После некоторых настроек в панели *Visual settings* для данного объекта данных, вы можете получить картину, приведённую ниже (рис. 1.13б).

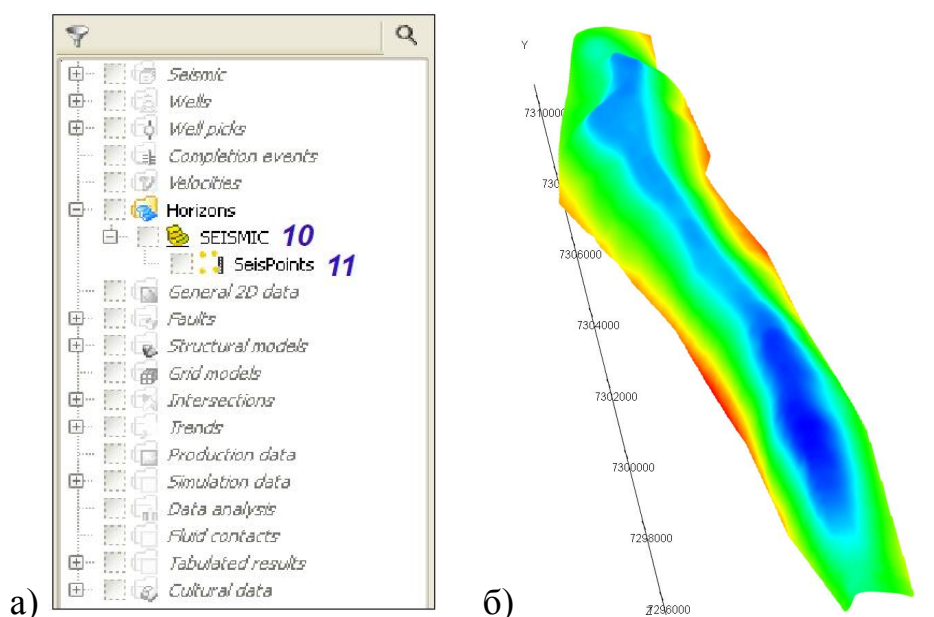


Рисунок 1.13 – Точки сеймики

Прежде чем продолжить импорт исходных данных, сохраним проект (рис. 1.14). Это можно сделать через меню *File – Save project as...* (1).

В появившейся панели укажите место, где должен быть сохранен проект и его имя (2). *Save*. В верхней части рабочей области RMS появится путь, по которому лежит текущий проект, и его имя.

Проект сохраняется в виде отдельной папки с указанным именем. Теперь закройте проект и программу, выбрав в меню *File – Exit*.

Справа приведена структура хранения проекта *RMS* (3).

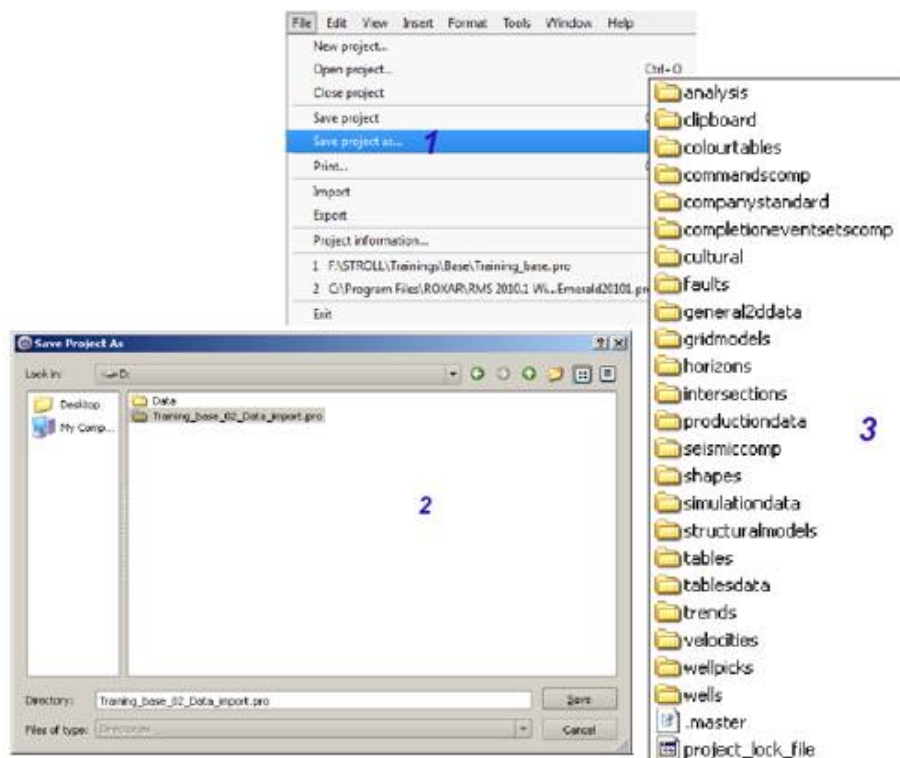


Рисунок 1.14 – Сохранение проекта

2. Загрузка скважинных данных.

RMS содержит довольно гибкий инструментарий для загрузки скважинных данных. Мы можем загрузить сразу всю имеющуюся по скважинам информацию, либо грузить по частям. При появлении новой информации или дополнительной, в любой момент можно обновить или дозагрузить информацию к уже имеющимся в проекте данным.

В проекте скважинная информация будет загружаться несколькими этапами (задачами):

- импорт координат устьев скважин и LAS-файлов с данными ГИС;
- импорт данных инклинометрии;
- импорт LAS-файлов с данными РИГИС;
- импорт точек пластопересечения (Well picks).

Для импорта скважинных данных кликните на контейнер *Wells*, в списке операций слева от контейнера, в секции *Import* выберите опцию *Well data...*

Появится панель для загрузки скважинной информации *Import trajectories/logs/annotations*.

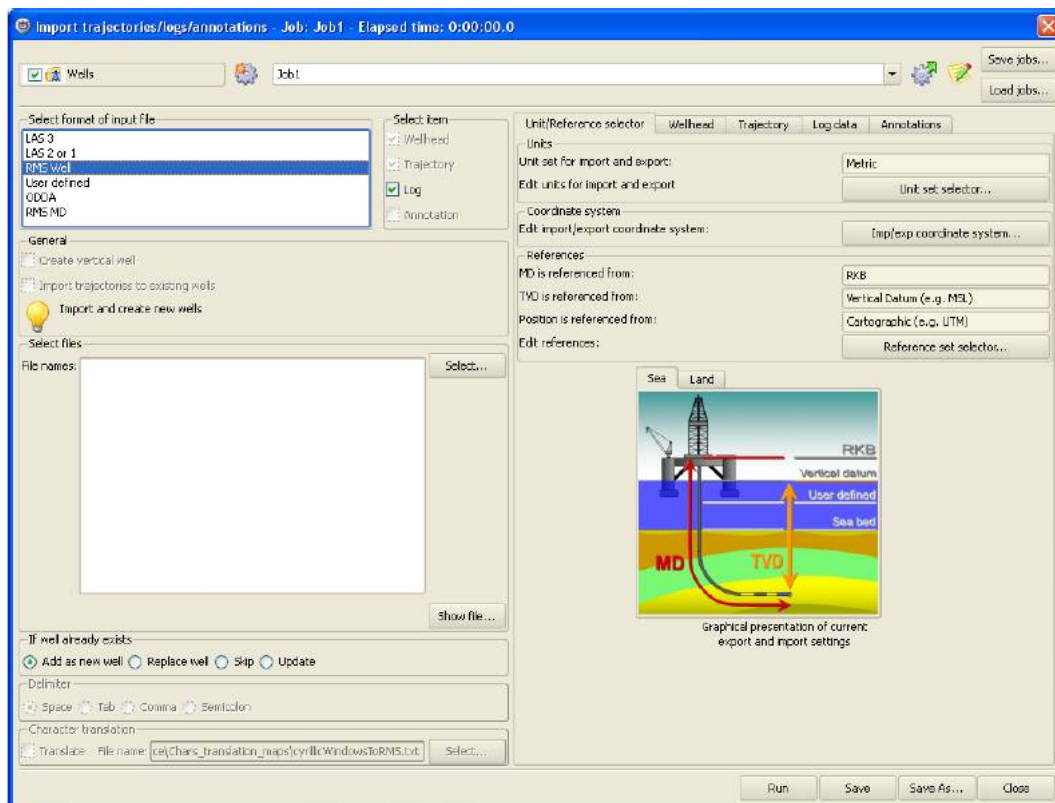


Рисунок 1.15 – Панель *Import trajectories/logs/annotations*

В появившейся панели *Import trajectories/logs/annotation* создайте новую задачу *Import_GIS*, нажав на кнопку (1) (рис. 1.16).

В поле *Select format of input file* выберите формат *LAS 2 or 1* (2) и отключите опцию *Trajectory* (3);

В секции *General* включите опцию *Create vertical wells* (4), так как в результате выполнения данной задачи у нас пока будут созданы вертикальные скважины, для которых позже будет дозагружена инклинометрия.

Нажмите кнопку *Select...* (5). Зайдите в директорию, где у вас находятся LAS-файлы, содержащие данные ГИС. В нашем случае они лежат в отдельной папке *gis*. Выберите все файлы и нажмите *Open* (6).

Выбранные файлы можно просмотреть, нажав на кнопку *Show file...* (7) (рис. 1.17). Появится окно, в котором можно просмотреть загружаемую информацию для выбранной скважины (8).

При необходимости кодировку шрифтов можно поменять, выбрав необходимый код из списка *Encoding* (9). Обратите внимание на то, что в файле

скважины 4R есть непонятные символы. Если из выпадающего списка шрифтов мы выберем, например, *windows-1251*, то увидим, что символы конвертированы в слово скважина (10). В секции *If well already exists* выбираем *Add as new well* (11) – добавлена как новая скважина.

В секции *Delimiter* в качестве разделителя выбираем пробел – *Space* (12).

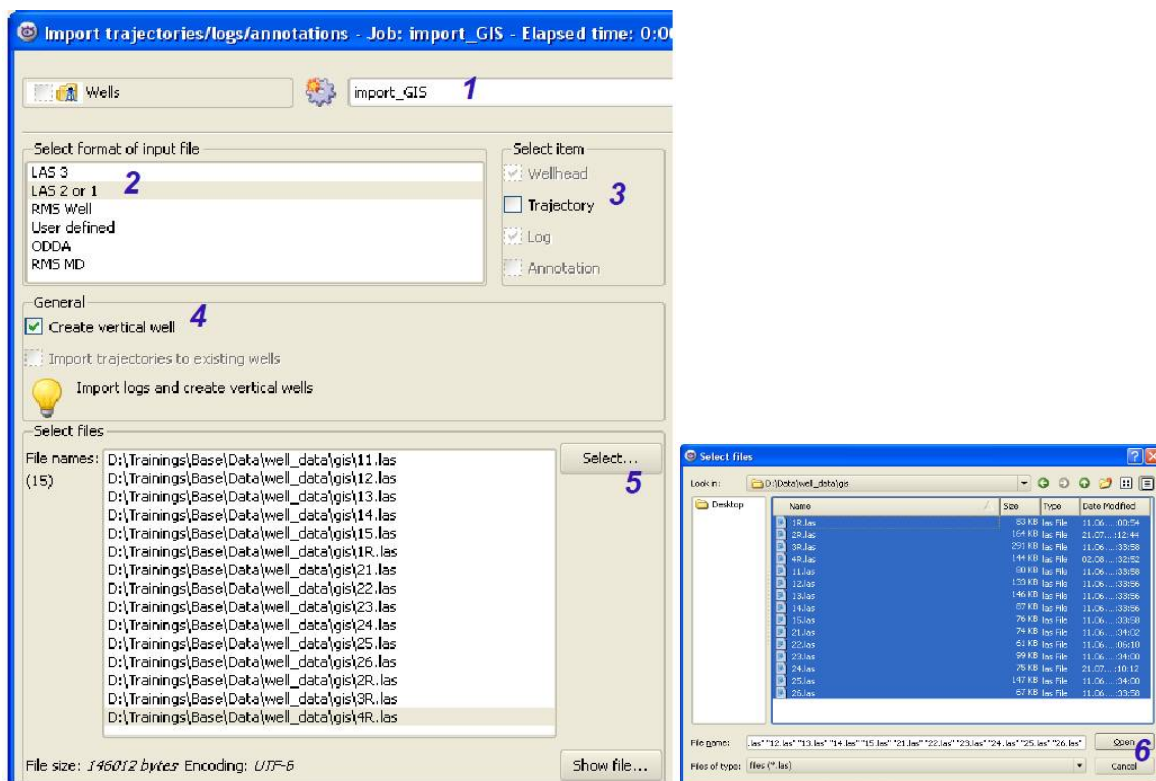


Рисунок 1.16 – Панель *Import trajectories/logs/annotations*

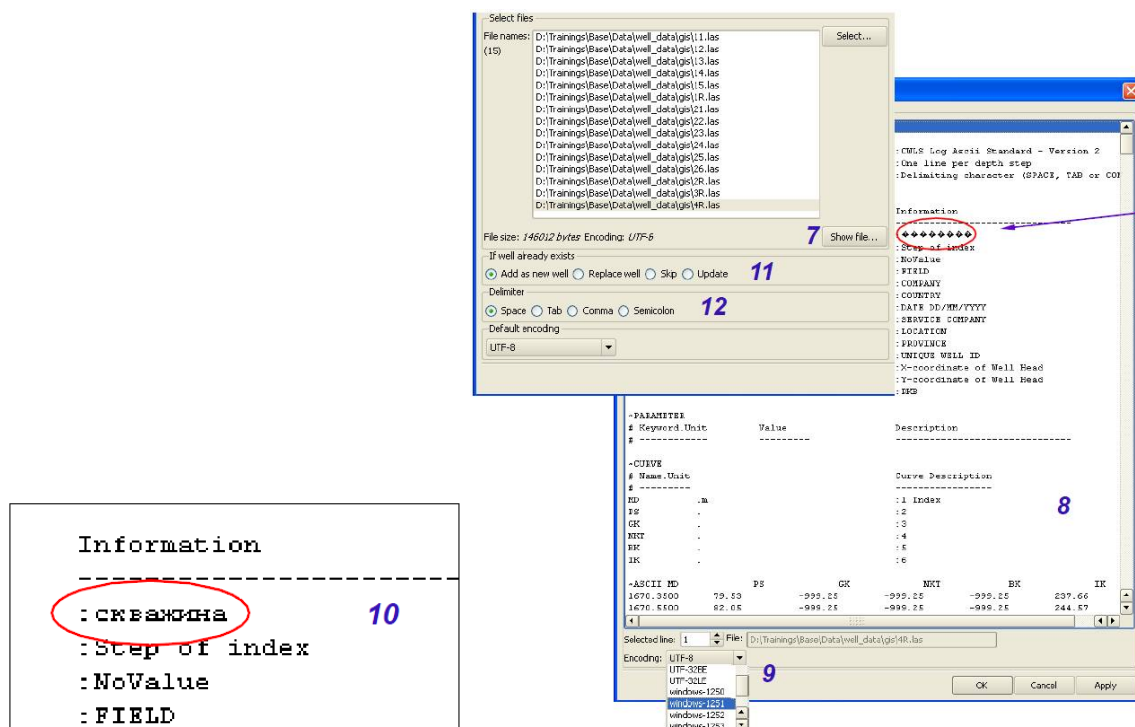


Рисунок 1.17 – Просмотр загружаемой информации

Первая закладка *Unit/Reference selector* предназначена для выбора единиц измерения, точек начала координат, точек привязки параметров траектории скважины (рис. 1.18).

Units – единицы измерения (13).

Coordinate system – система координат (14).

Reference – точки отсчёта траектории скважины (15).

В нижней части панели графическое отображение заданных настроек привязки для случая морской платформы (Sea) и наземного куста скважин (Land).

При изменении этих настроек, соответствующим образом меняется и изображение (16).

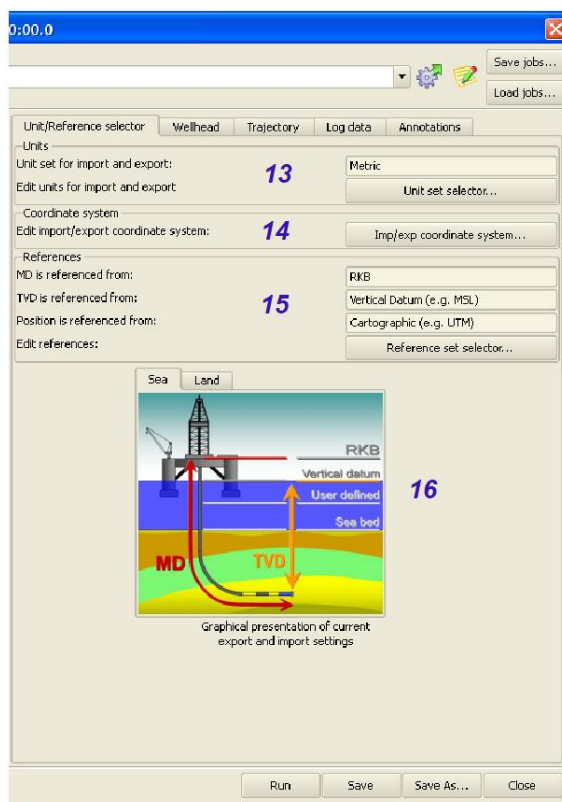


Рисунок 1.18 – Закладка *Unit/Reference selector*

Для имеющихся у нас данных менять в этой закладке ничего не нужно. Перейдите в следующую закладку *Wellhead* (рис. 1.19).

В закладке *Wellhead* выбираем опцию *In separate file* (17) (координаты устьев в отдельном файле), нажимаем на кнопку *Select...* и указываем файл, содержащий координаты устьев скважин и альтитуды (18).

Кнопка *Show file...* позволяет посмотреть подгруженный файл (19).

Просмотрев файл, видно, что данные начинаются со *второй* строки, следовательно, в поле *Start at line* необходимо указать 2 (20).

В таблице оставляем только те типы данных, которые есть в файле. По умолчанию указаны только: *Well name, East, North* (21). Для того, чтобы добавить *RKB*, необходимо нажать на кнопку *Add...* (22) и из списка данных в появившемся окне выбрать *RKB* (23).

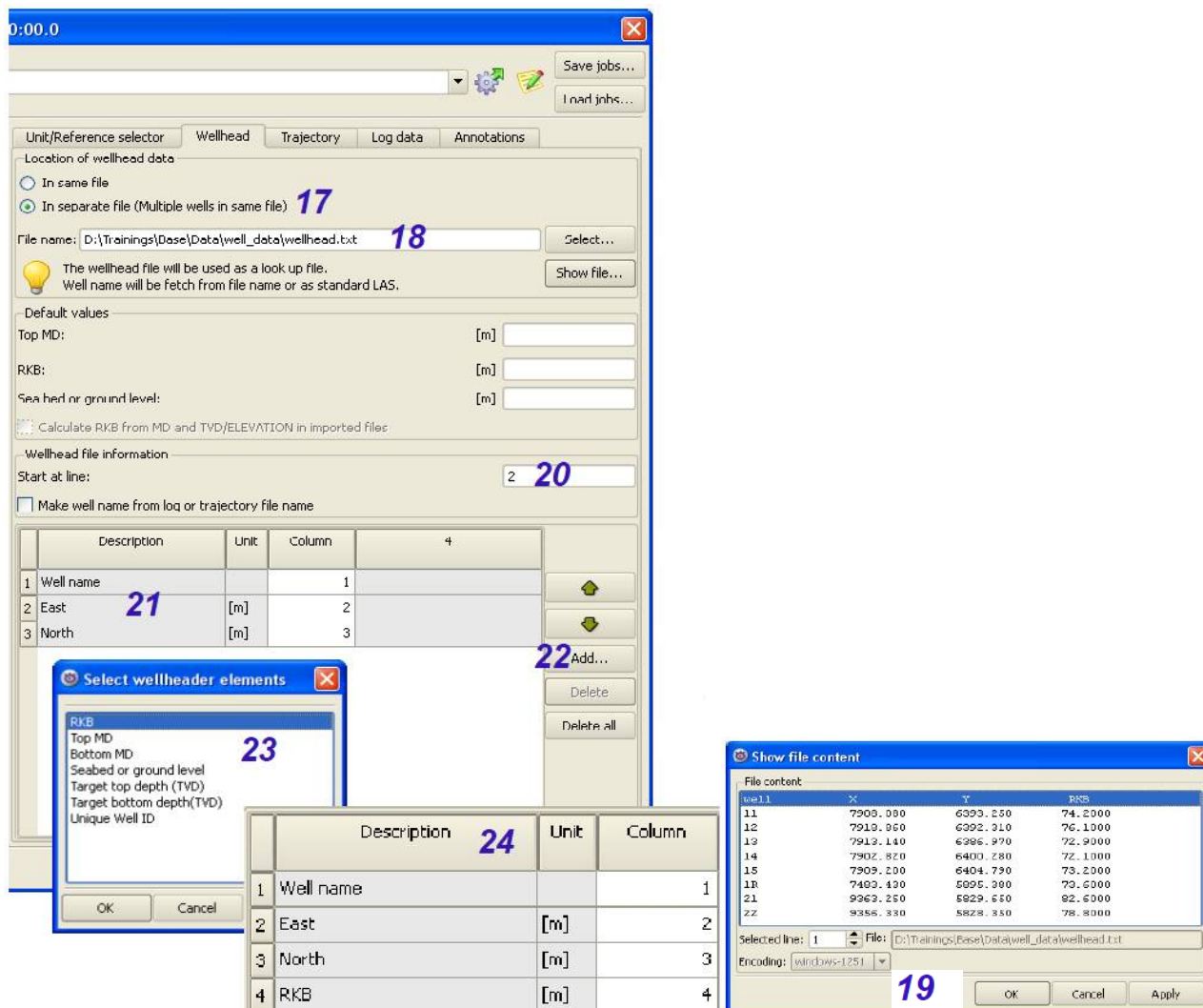


Рисунок 1.19 – Закладка *Wellhead*

В закладке *Trajectory* оставьте для текущей задачи настройки по умолчанию. Закладка *Log data* меняет внешний вид в зависимости от варианта загрузки данных (рис. 1.20).

Секция *Section definition* отвечает за настройки для неопределённых значений в LAS-файлах (25).

Ниже в таблице приводится список кривых, которые содержатся во всех выбранных LAS-файлах. В средней колонке содержатся имена кривых из файла (26), в левой колонке указываются имена кривых, которые будут загружены в *RMS* (27), в правой колонке можно выбрать тип загружаемой кривой (28) (непрерывная или дискретная).

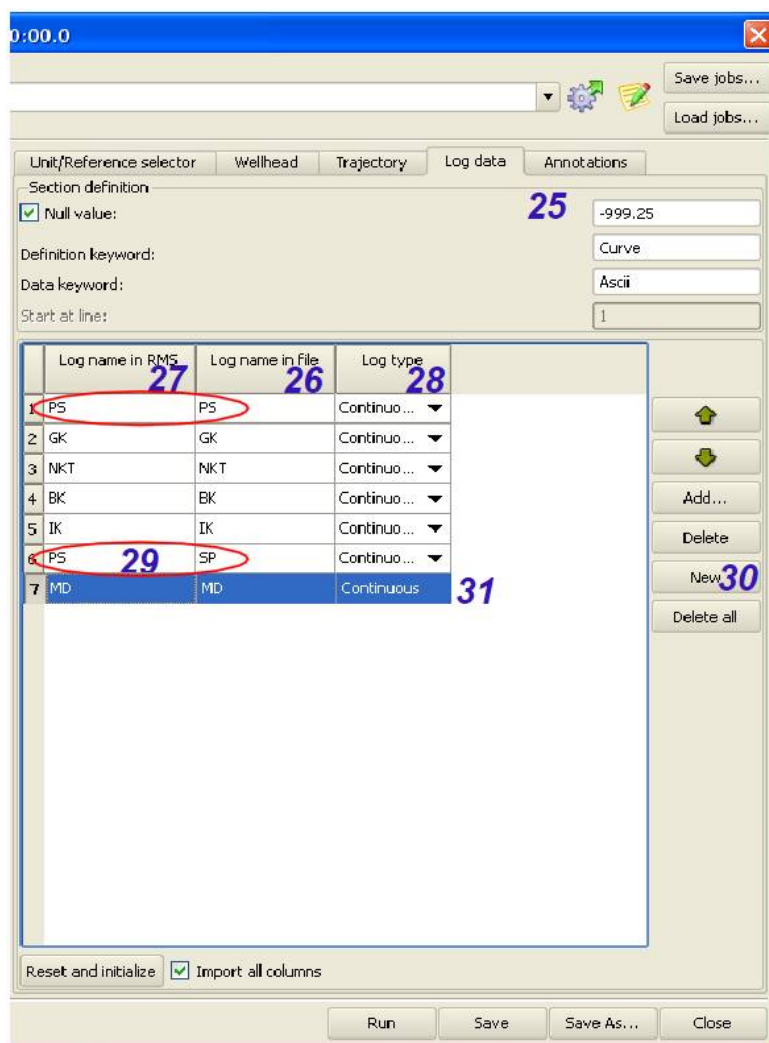


Рисунок 1.20 – Закладка *Log data*

Обратите внимание на то, что в списке содержится две кривые собственной поляризации (для данного проекта мы знаем, что кривые одинаковы, несмотря на разные имена), в одних файлах кривая имеет имя *PS*, а в других *SP*. Для того, чтобы кривая собственной поляризации загрузилась для всех скважин с одним именем, переименуйте кривую в строке 6 в колонке *Log name in RMS* (29).

При данных настройках кроме кривых ГИС в таблице для загрузки также необходимо указать кривую глубины – *MD*. Для этого нажмите на кнопку *New* (30). В таблице будет добавлена новая строка в колонки с именами необходимо ввести имя *MD*, в качестве типа кривой выбрать – *Continuous* (31).

Закладка *Annotations* содержит настройки для загрузки аннотаций. После того, как выполнены все настройки для текущей задачей нажмите кнопку *Run*.

При выполнении задачи появится информационная панель *Export/Import progress information*, в которой выводится информация о процессе импорта скважинных данных (32).

Следующей задачей мы загрузим данные инклинометрии.



Рисунок 1.21 – Панель *Export/Import progress information*

В списке контейнера Wells снова вызовите панель *Import trajectories/logs/annotations (Wells - Import... - Well data...)* (рис. 1.22).

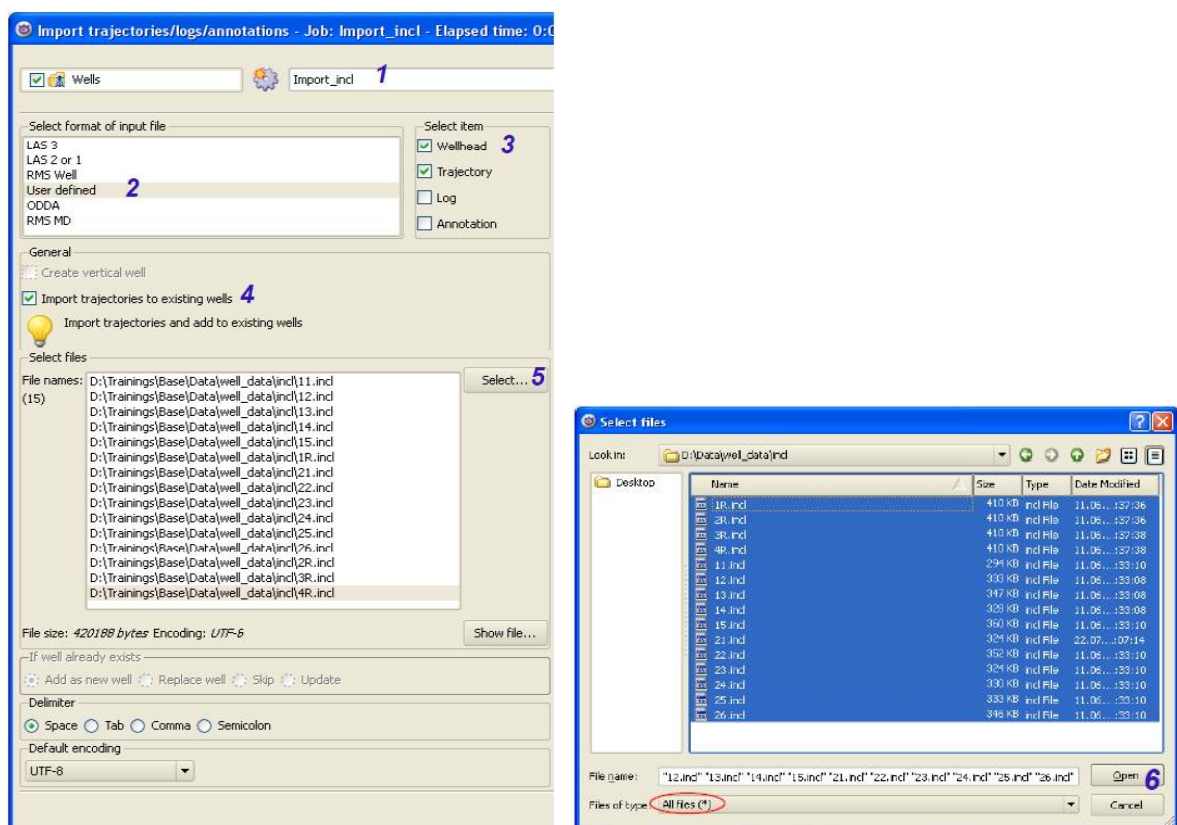


Рисунок 1.22 – Панель *Import trajectories/logs/annotations*

Создайте новую задачу *Import_incl (1)*.

В секции *Select format...* выберите формат *User defined (2)*, а в секции *Select item* выберите *Wellhead* и *Trajectory (3)*.

Активируйте опцию *Import trajectories to existing wells (4)* (траектории будут дозагружены к уже существующим скважинам).

Нажмите на кнопку *Select (5)*. Зайдите в директорию, где находятся файлы с данными инклинометрии. В нашем случае они лежат в отдельной папке *incl*. Выберите все файлы и нажмите *Open (6)*.

Нажмите на кнопку *Show file... (7)*, чтобы просмотреть данные в файле (8). Чтобы открыть файл с данными для другой скважины, выберите номер скважины в списке. В качестве разделителя оставьте пробел – *Space (9)*.

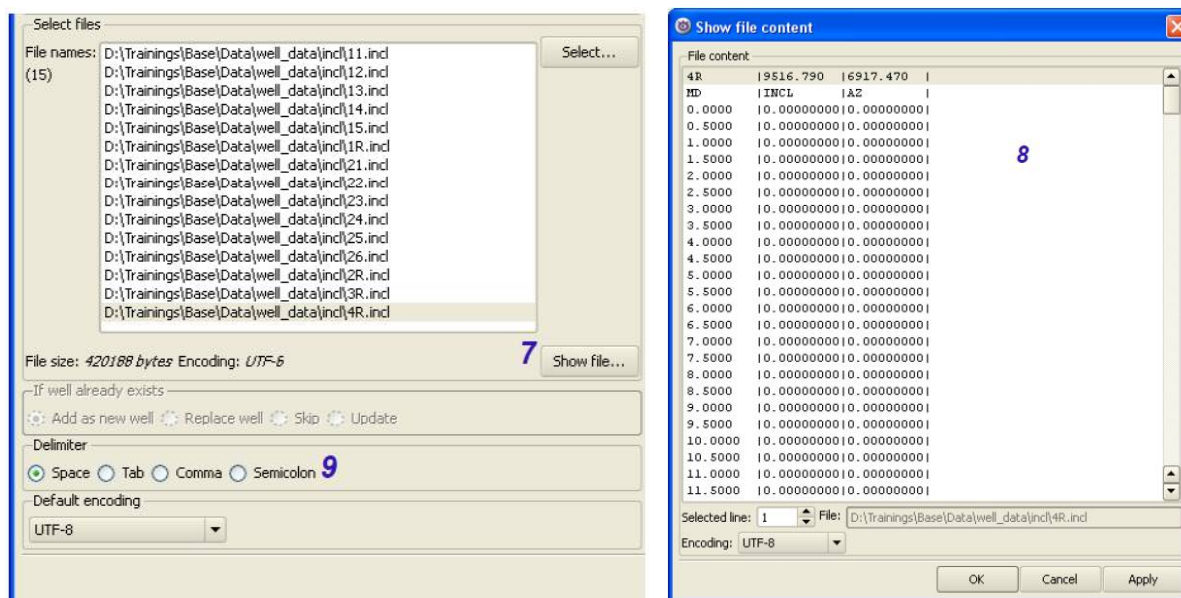


Рисунок 1.23 – Просмотр загруженных данных

Переходим в закладку *Wellhead* (рис. 1.24а).

Загружаемый файл с данными инклинометрии содержит в первой строке данные координат устьев скважин, следовательно, в секции *Location of wellhead data* доступна только опция *In same file (10)*.

Включите опцию *Make well name from log or trajectory file name (11)*.

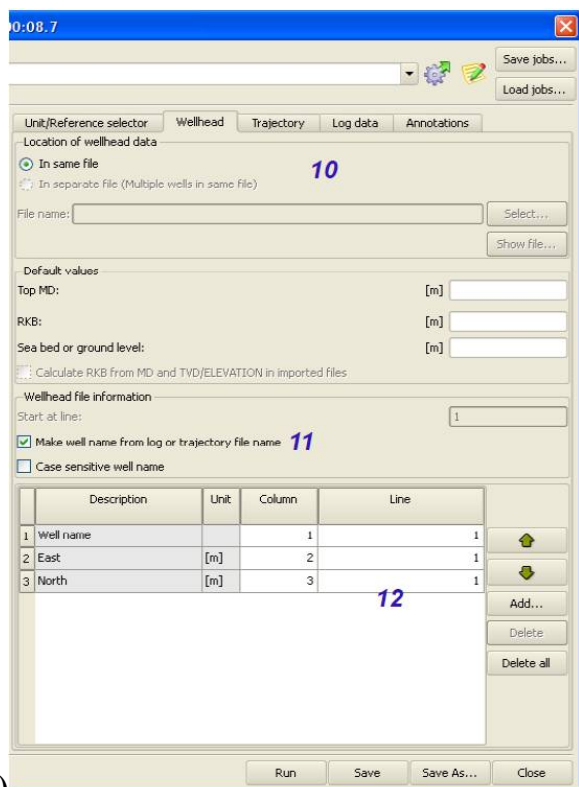
Убедитесь в том, чтобы в таблице были правильно указаны номера столбцов и строк, в которых содержатся данные (12).

После определения настроек в данной закладке перейдите в закладку *Trajectory* (рис. 1.24б).

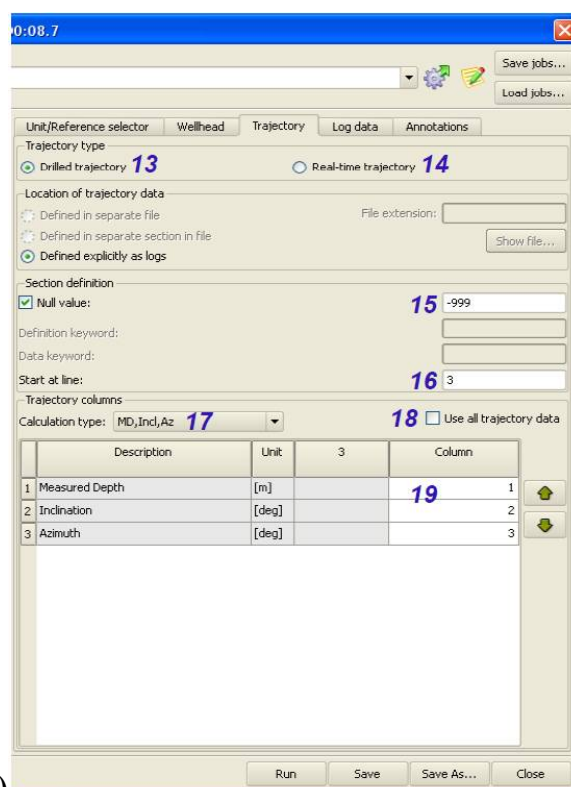
В закладке *Trajectory* можно выбрать тип загружаемой траектории: уже пробуренная (наш случай) (13) или на этапе бурения (14).

Далее можно указать число, которое будет читаться в файле с данными как неопределённое (15).

Кроме этого необходимо обратить внимание с какой строки начинаются данные инклинометрии (16).



а)



б)

Рисунок 1.24 – Закладка *Wellhead*

В секции *Trajectory columns* из выпадающего списка необходимо выбрать формат данных инклинометрии (17). Опция *Use all trajectory data* (18) позволяет использовать все данные инклинометрии.

Обратите внимание на номера колонок для параметров в таблице (19), они должны соответствовать порядку данных в файле. Порядок данных можно поменять с помощью стрелочек вверх-вниз, либо вручную: вбив необходимое число.

После выполнения настроек в закладках *Wellhead* и *Trajectory* нажмите на кнопку *Run*.

При выполнении загрузки данных инклинометрии появится панель информации о выполнении процесса импорта (20).

После выполнения задачи не забудьте добавить её в *Workflow*, дважды кликнув на значок в верхней части панели импорта.

Визуализировав скважины, оцените внешний вид загруженных траекторий (21).

3. Загрузка LAS-файлов с данными РИГИС.

Данные РИГИС будут загружены новой задачей в панели *Import trajectories/logs/annotations (Wells – Import... – Well data...)* (рис. 1.25). Создайте новую задачу *Import_rigis* (1). В секции *Select format...* выберите формат *LAS 2 or 1* (2), а в секции *Select item* отключите *Trajectory* (3). Нажмите на кнопку *Select* (4).

Зайдите в директорию, где находятся файлы с данными РИГИС. В нашем случае они лежат в отдельной папке *rigis*. Выберите все файлы и нажмите *Open* (5). Нажав на кнопку *Show file...* можно просмотреть загрузенные файл (6). Разделителем является пробел – *Space* (7).

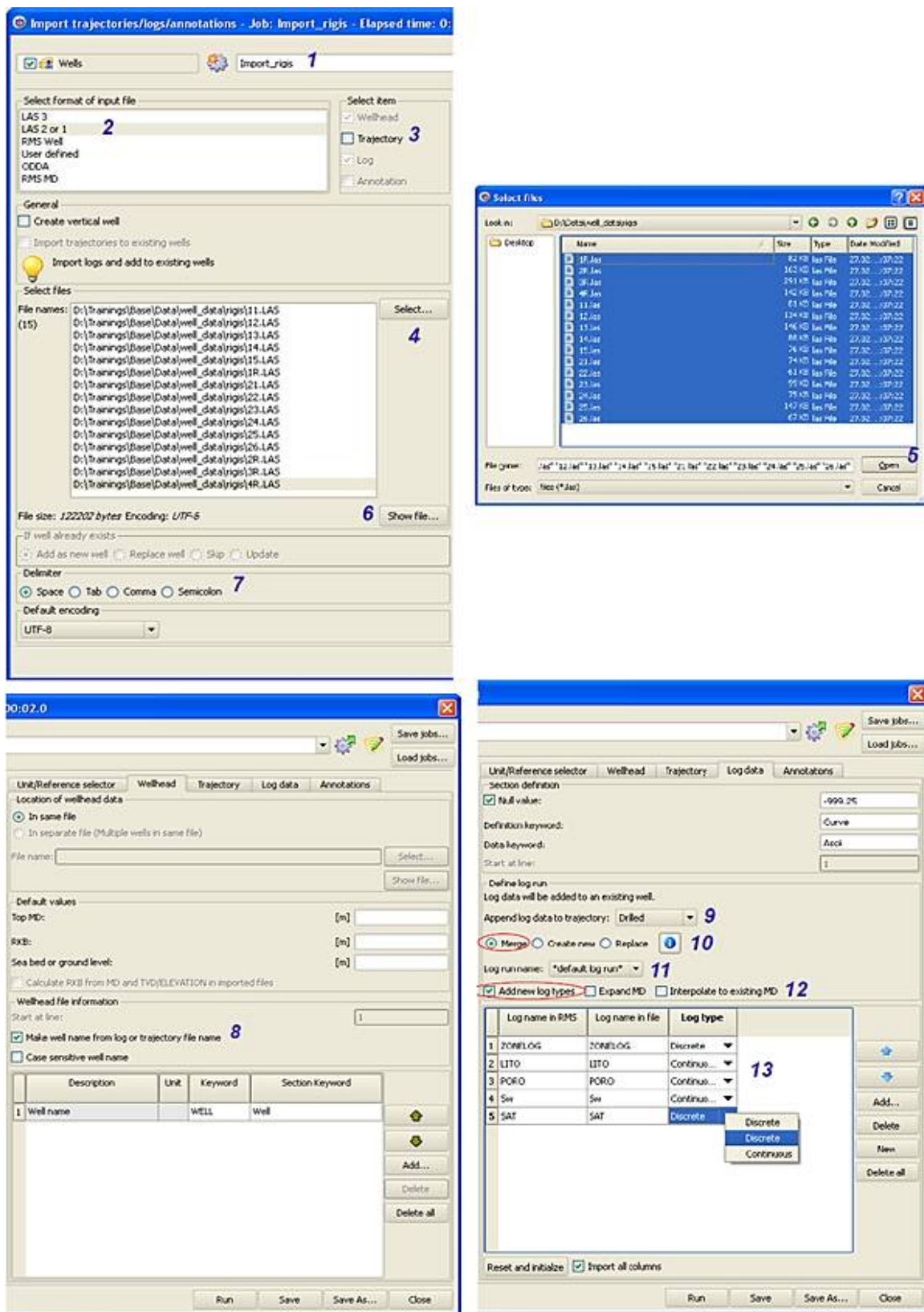


Рисунок 1.25 – Загрузка данных РИГИС

Настройки в закладке *Wellhead* оставьте по умолчанию. Нужно лишь включить опцию *Make well name from log or trajectory file name* (8).

Настройки закладки *Log data* несколько изменились по сравнению с настройками, которые мы видели при загрузке *LAS*-файлов с данными ГИС.

В секции *Define log run* необходимо указать тип траектории, для которого будут загружены кривые (9).

Ниже можно выбрать каким образом будут загружены кривые: *Merge* – загружаемые данные будут добавлены к кривым, которые уже есть в проекте; *Create new* – будет создан новый набор кривых; *Replace* – данные, имеющиеся в проекте, будут заменены новыми. Для данной задачи выберите опцию *Merge*, в итоге кривые РИГИС будут добавлены в тот же набор, что и кривые ГИС (10).

Далее из выпадающего списка необходимо выбрать *Log run* (набор кривых). В нашем проекте на данный момент есть один *Log run – log*, созданный автоматически при загрузке кривых ГИС, данный набор для всех скважин выбран по умолчанию (11). Включите опцию *Add new log types* – добавить новые кривые, при этом кривые будут загружены в том же интервале глубин MD, что и в выбранном *log run* (12).

Expand MD – при использовании данной опции кривые будут загружены полностью, для случаев, когда выбранный *log run* определён в меньшем интервале глубин, в сравнении с новыми кривыми;

Interpolate to existing MD – данные инклинометрии будут продлены до последней точки глубин кривых выбранного *log run*. Данная опция полезна в случае, когда данные инклинометрии определены на меньшем интервале, в сравнении с глубинами по кривым.

Для кривых *ZONELOG* и *SAT* выберите тип *Discrete* (13). Выпадающий список с типами кривых можно вызвать нажав на окошко ПКМ.

Кривую литологии оставим как непрерывную, так как далее она будет нужна непрерывном виде, кроме этого будет рассмотрена функциональность, с помощью которой можно конвертировать кривую из непрерывного типа в дискретный.

После выполнения всех настроек запустите задачу на расчёт. *Run*.

При импорте кривых *РИГИС* в панели информации о ходе выполнения загрузки высвечивается предупреждающая информация о том, что кривая *LITO*, содержащая дискретные значения, загружена как непрерывная.

4. Импорт *Well picks*.

Для определения геологического строения моделируемой толщи необходимо выполнить корреляцию разреза по скважинам, то есть проследить глубину залегания тех или иных границ моделируемых пластов в каждой скважине.

Точки пластопересечения траектории скважины с границами пластов в RMS называются *well picks*. *Well picks* являются достоверной информации для построения двухмерной модели. *Well picks* в RMS содержат:

- значения глубин и абсолютных отметок пластопересечений – *well picks горизонтов*,
- атрибуты, характеризующие пласт, такие как: общая, эффективная, нефтенасыщенная толщины, средняя пористость по пласту, проницаемость, нефтенасыщенность, песчанистость и т. д. – *well picks изохор*.
- Получить *well picks* горизонтов в RMS можно несколькими путями:
- выполнить корреляцию в программе с помощью модуля *Well correlation*;
- загрузить данные по отбивкам пластов в виде файла;
- получить как точки пересечения траектории скважины и поверхности;
- рассчитать на основании кривой стратиграфии;
- получить на основе точек.

Кликните на контейнер *Well picks* и в списке операций данного контейнера в секции *Import* выберите опцию *Horizon picks... (1)* (рис. 1.26).

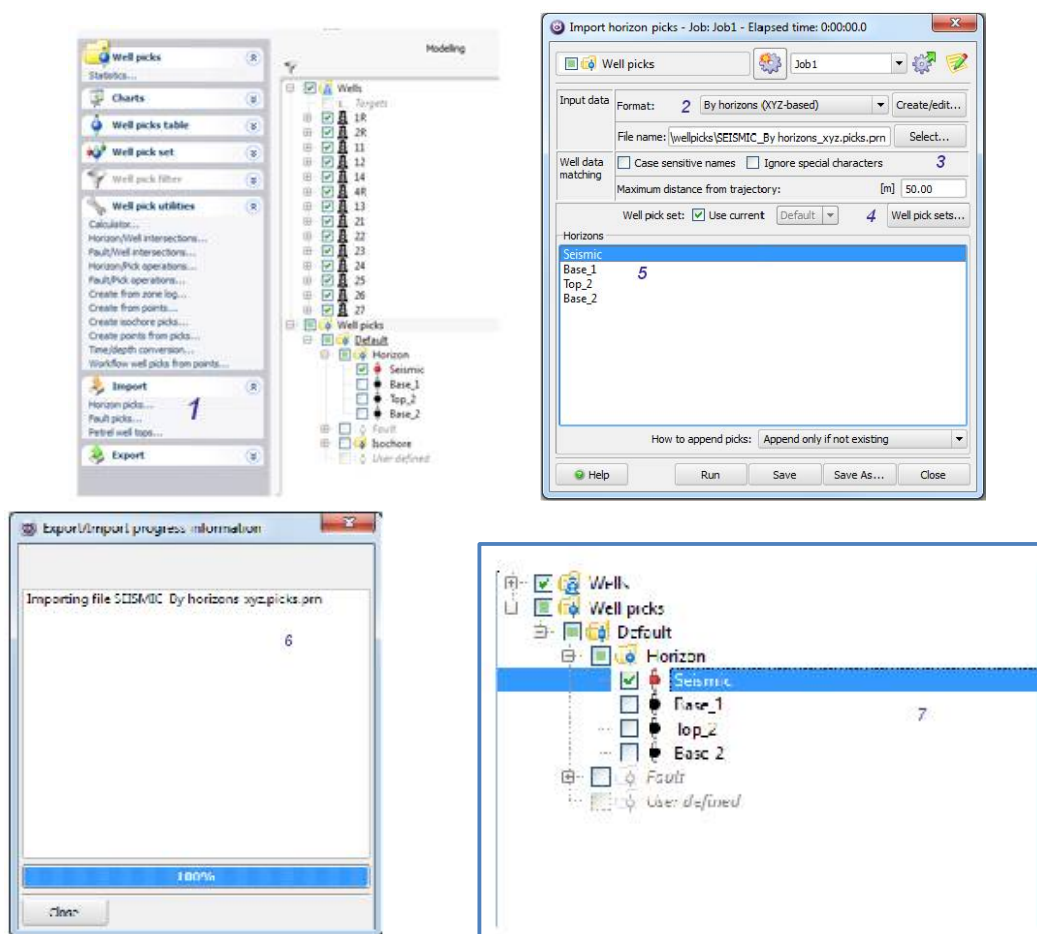


Рисунок 1.26 – Работа с панелью *Import horizon picks*

С помощью панели *Import horizon picks* можно одновременно загружать отбивки для разных поверхностей.

В секции *Format* выберите из выпадающего списка формат, соответствующий представлению отбивок для горизонта SEISMIC – *By horizons (XYZ-based)* (2). Кликните на кнопку *Select...* и укажите путь к файлу с отбивками (3). В проекте может быть несколько наборов отбивок *Well picks sets* (например, одни получены из старого подсчёта запасов, а другие Вы получили сами, выполнив корреляцию разреза). В нашем случае первый набор отбивок будет создан по умолчанию (4). В списке горизонтов выберите горизонт, для которого будут загружены отбивки – SEISMIC (5). *Run*. После запуска задачи появится панель информации о выполнении задачи (6).

После выполнения задачи в контейнере *Well picks* появится контейнер *Horizon* и элемент SEISMIC будет заполнен (7).

Визуализируйте полученные отбивки в окне *3D view*. Подобрать необходимые настройки визуализации для *well picks*.

1.2 Структурное моделирование

Говоря о структурном моделировании, мы имеем в виду создание структурного каркаса (построение всех интересующих горизонтов) и модели разломов, которые согласованы между собой.

Строго закреплённой последовательности действий при создании структурного каркаса и модели разломов нет. Все зависит от имеющихся у Вас данных и Ваших представлений о модели, Вы сами решаете, что будет построено в первую очередь: модель разломов или модель горизонтов. Единственное необходимое условие – модели должны быть согласованы между собой.

Последовательность шагов, изложенная далее, – это один из возможных вариантов создания структурной модели.

Построение структурной модели мы начнём, прежде всего, с построения структурной карты горизонта SEISMIC на основании загруженных точек сейсмике с помощью панели *Horizon mapping*. Затем скорректируем полученную карту относительно скважинных отбивок.

Далее, мы рассчитаем общие толщины по скважинам и построим карту общих толщин пласта H_1 с помощью панели *Isochore mapping*.

1.2.1 Построение структурной карты горизонта Seismic

Структурные карты в RMS можно строить с помощью функциональности панели *Horizon mapping* (рис. 1.27).

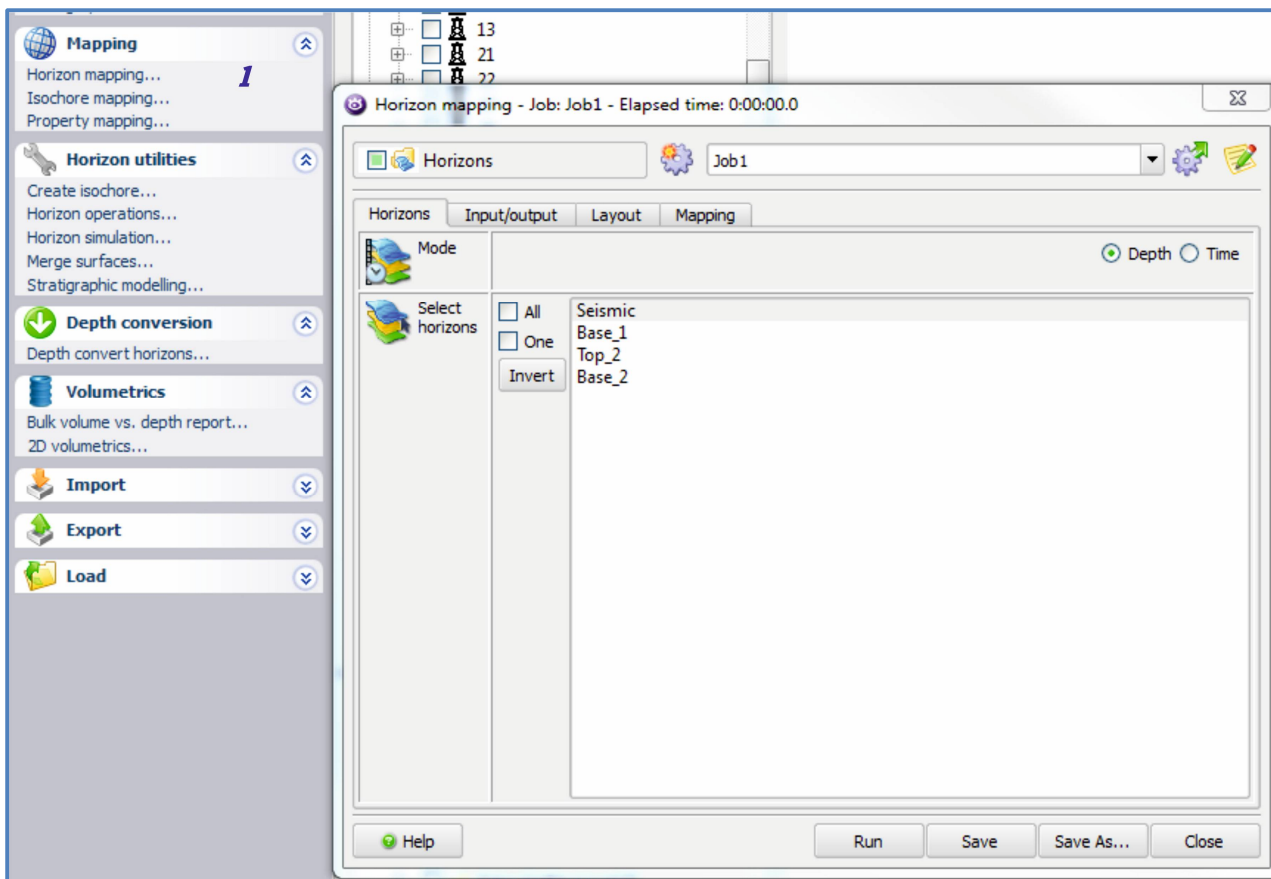


Рисунок 1.27 – Вызов панели *Horizon mapping*

Кликните на контейнер *Horizons* и в списке операций данного контейнера в секции *Mapping* выберите опцию *Horizon mapping* (1). Панель *Horizon mapping* используется для построения структурных карт на основании различных атрибутов глубин. Данные могут быть во временном или глубинном масштабах (*TVD*, *calc TVD*, *TWT*, *calc TWT*). В закладке *Horizons* можно выбрать необходимые горизонты для построения.

Закладка *Input/output* предназначена для определения исходных данных и результирующих объектов.

В закладке *Layout* можно определить границы построения и инкремент сетки 2D-поверхности.

В закладке *Mapping* можно выбрать алгоритмы картопостроения и настроить операции постпроцессинга.

Итак, настройки в панели *Horizon mapping* для построения структурной карты горизонта SEISMIC начнем с создания новой задачи (рис. 1.28).

Далее, в закладке *Horizons* выберите в секции *Mode* опцию *Depth* (2), так как наши данные в глубинном масштабе.

И далее в списке горизонтов выберите горизонт SEISMIC (3).

В закладке *Input/output* выберите горизонт SEISMIC (4) (рис. 1.29).

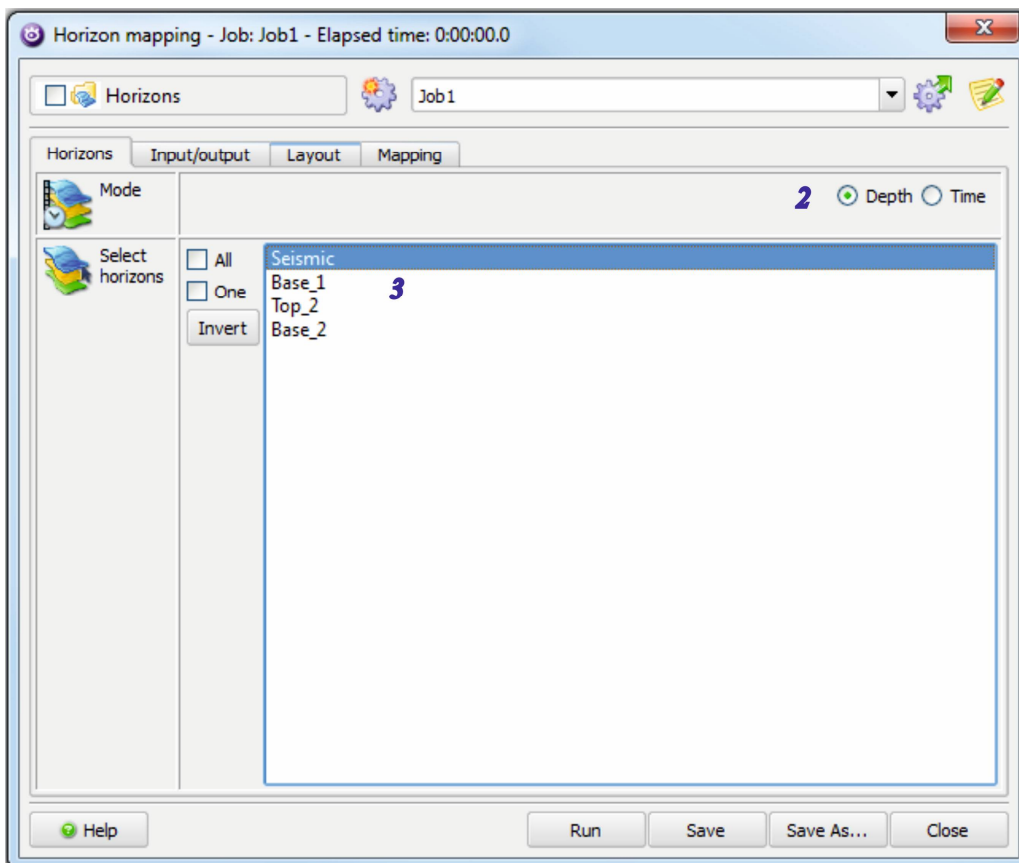


Рисунок 1.28 – Закладка *Horizons*

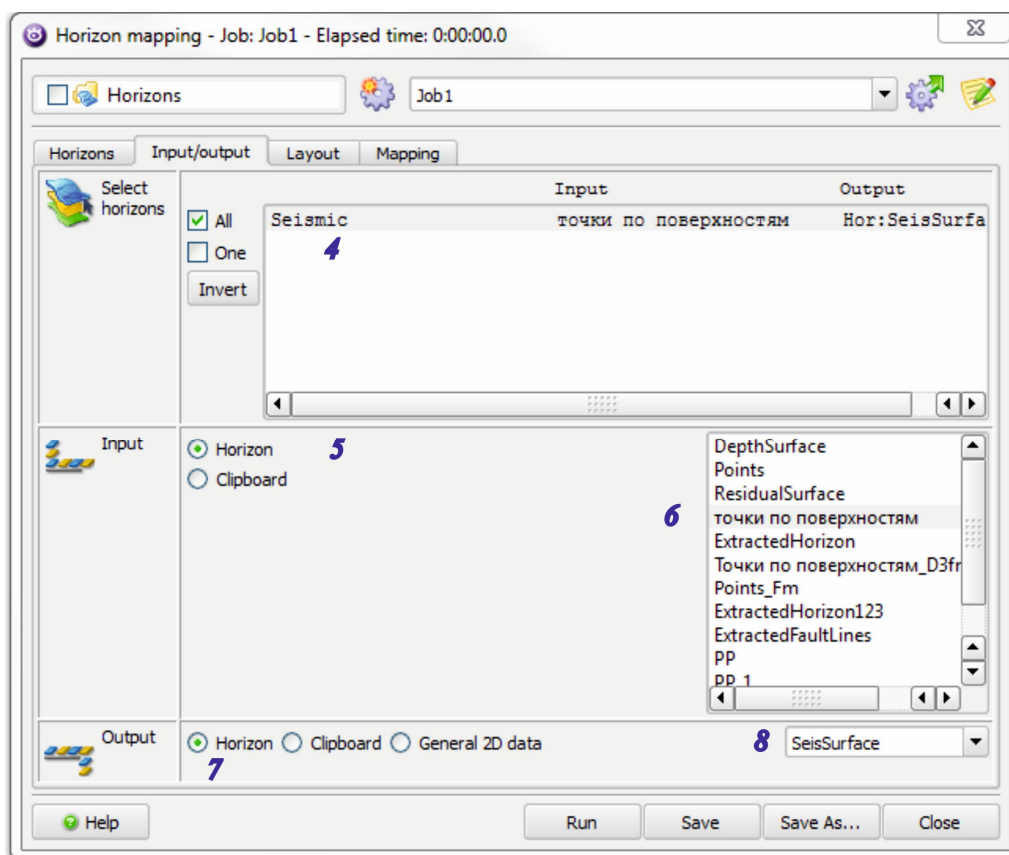


Рисунок 1.29 – Закладка *Input/output*

В секции *Input* можно выбрать контейнер, где лежат исходные данные (5), в нашем случае это контейнер *Horizon*. А далее из списка типов данных Вы можете выбрать все необходимые. Сейчас мы выберем только точки сеймики *Точки по поверхностям* (6).

При построении структурных карт в качестве трендов можно использовать уже готовые поверхности (7).

В секции *Output* необходимо выбрать куда будет помещена итоговая поверхность и задать её имя.

В нашем случае построенная поверхность будет сохранена в контейнере *Horizons* с именем *SeisSurface* (8).

Что касается имени, из выпадающего списка вы можете выбрать уже существующий тип данных *Surface*, либо задать свое имя (как сделаем мы), после чего в контейнере *Horizons* будет создан новый тип данных *Surface* с заданным именем.

Закладка *Layout*. В данной закладке необходимо задать инкремент сетки поверхности, а также границы построения 2D-карты (рис. 1.30).

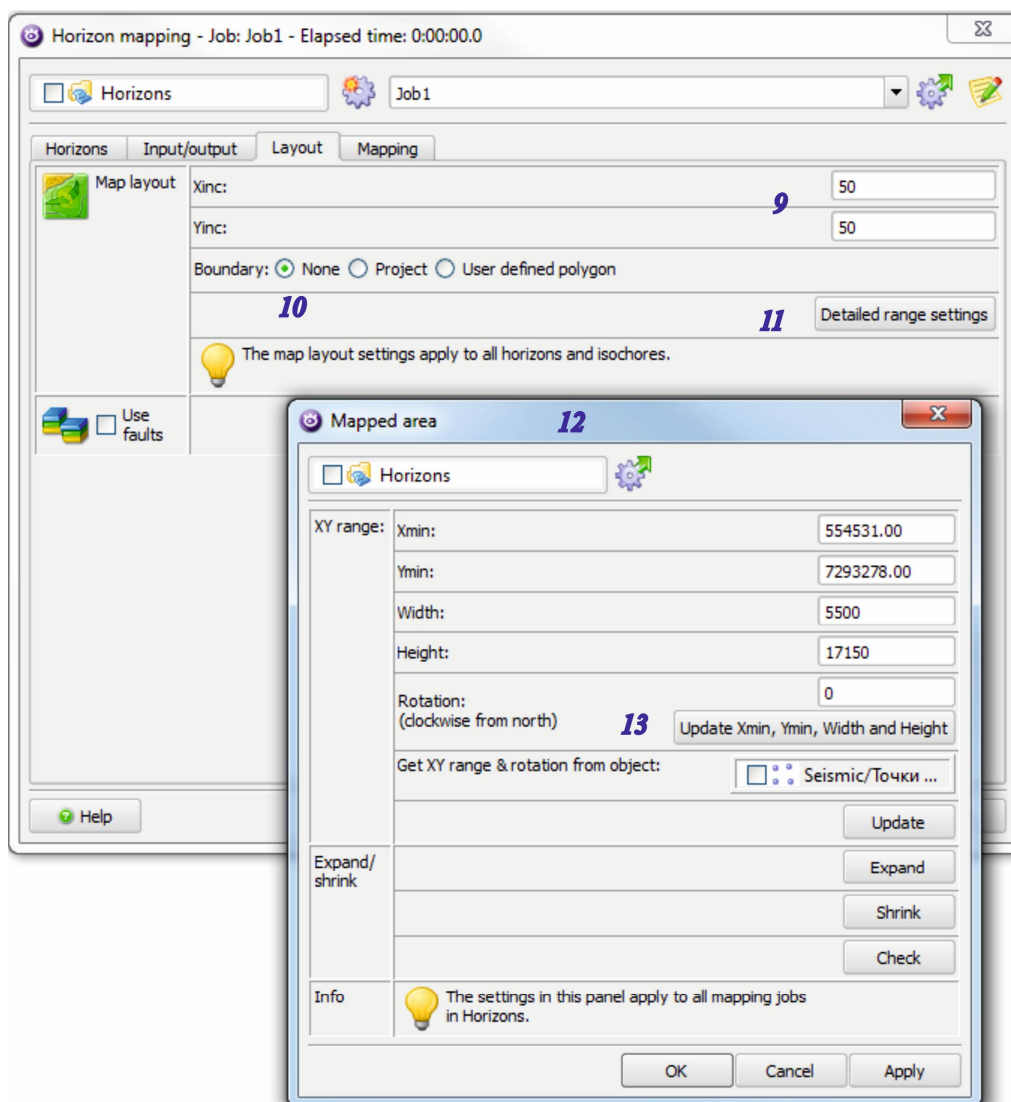


Рисунок 1.30 – Закладка *Layout*

В закладке *Layout* параметры сетки задаются в секции *Map layout*. В нашем случае инкремент по *X* и по *Y* будет одинаковый, равный 50 м (9).

Для того, чтобы задать границы сетки, выберите опцию *None* (10) и нажмите на кнопку *Detailed range settings...*(11).

Появится дополнительная панель *Mapped area* (12), в которой можно определить размеры границ построения, а также при необходимости задать угол поворота осей построения.

Для автоматического определения границ построения перетащите в *drop site* точки сеймики (13). Вы увидите, как минимальные координаты *X*, *Y*, длина и ширина области построения будут пересчитаны.

После нажатия кнопки *OK*, в информационном поле появится предупреждение о том, что с заданными границами будут построены все последующие карты.

В закладке *Mapping* выберите горизонт *SEISMIC* (14).

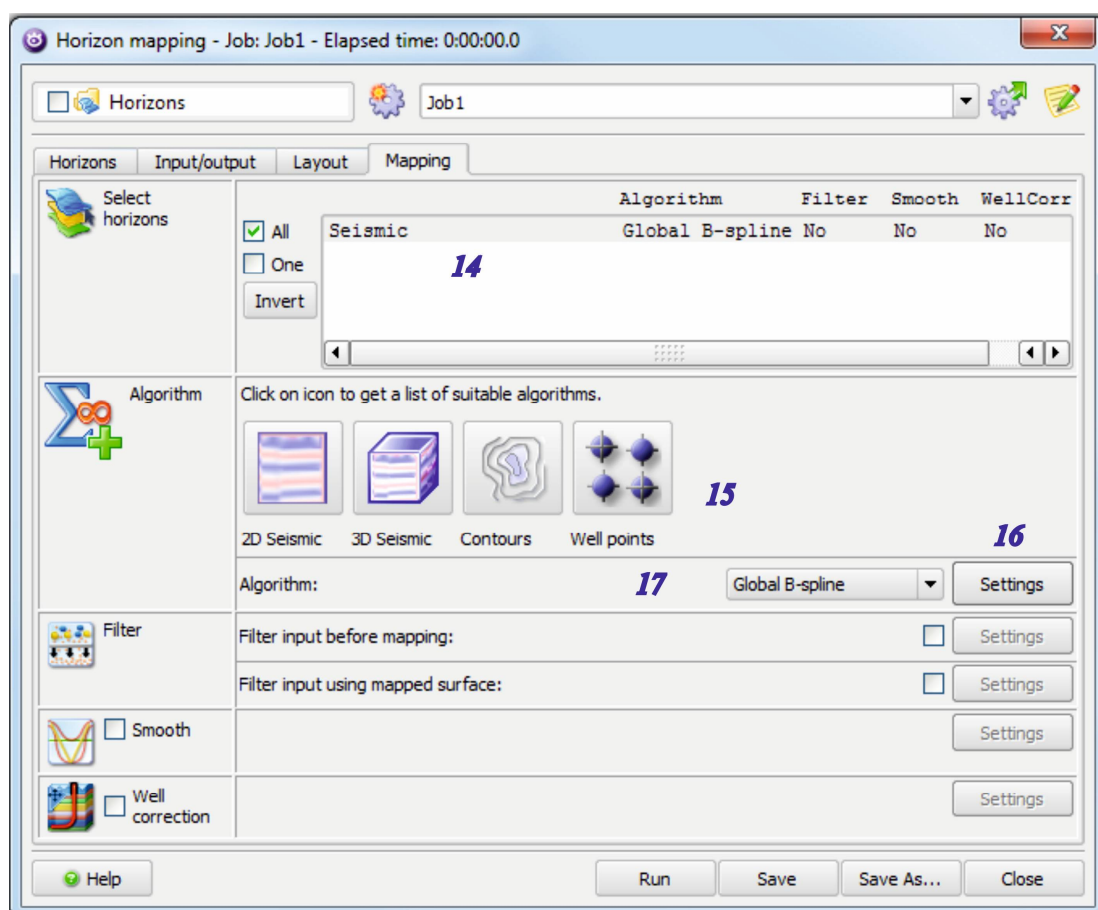


Рисунок 1.31 – Закладка *Mapping*

В секции *Algorithm* из выпадающего списка необходимо выбрать алгоритм *Global B-spline*, который наилучшим образом восстанавливает поверхность по точкам (15).

Также в данной секции есть некоторая подсказка (16), нажав на значки возможных типов данных, вы получите список алгоритмов, которые работают на основании этих типов данных оптимально.

При необходимости вы можете внести изменения в настройки выбранного алгоритма построения. Для этого нажмите на кнопку *Settings...* (17).

Откроется панель *Algorithm settings*.

Остальные настройки в данной закладке для данной задачи оставим по умолчанию. Для запуска задачи нажмите *Run*.

После выполнения задачи в папке SEISMIC контейнера *Horizons* создан дополнительный тип данных *SeisSurface*, содержащий структурную поверхность горизонта SEISMIC, восстановленную по данным точек сейсмоки.

Визуализируйте полученную структурную поверхность в *3D view*.

С помощью настроек в панели *Visual settings* для данного объекта, попробуйте получить картину, приведённую ниже.

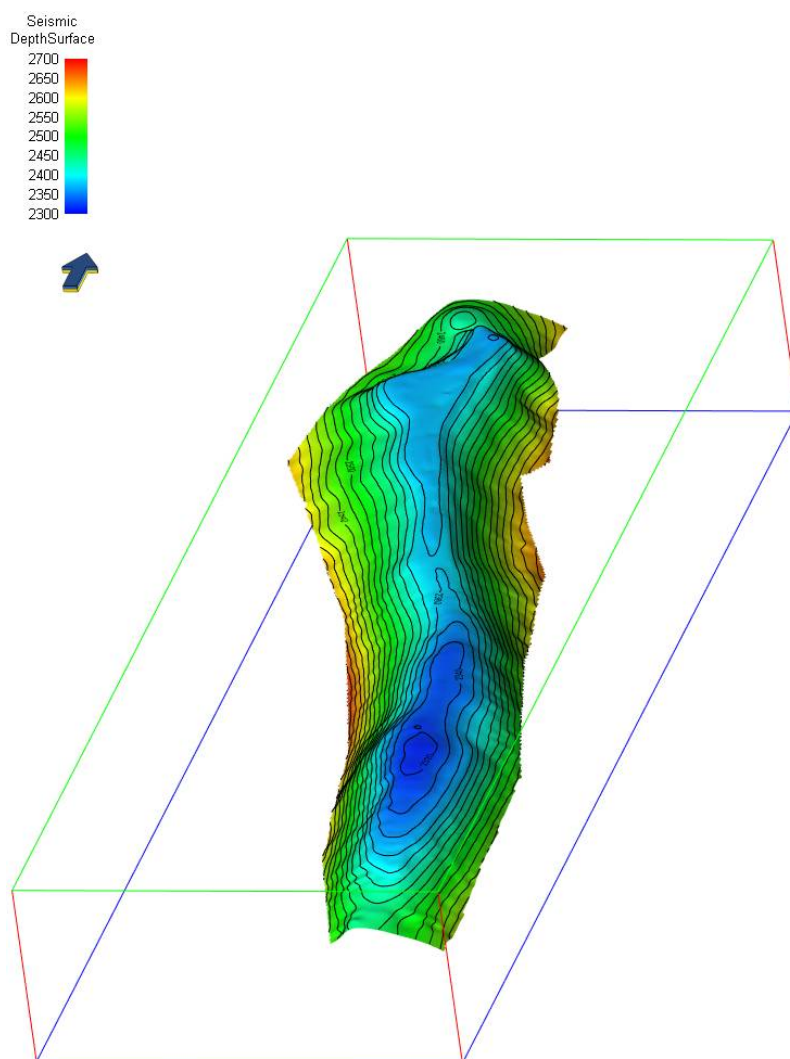


Рисунок 1.32 – Структурная поверхность

1.2.2 Расчёт isochore well picks

Следующим шагом при построении структурной модели учебного месторождения будет расчет *well picks* для изохор, которые рассчитываются на основании *well picks* горизонтов.

Далее в списке операций контейнера *Well picks* в секции *Well pick utilities* выберите опцию *Create isochore picks...* (1).

В расчёте будут принимать участие все скважины (2). *Well picks* будут рассчитаны для всех пластов (3). В данном случае мы воспользуемся этой возможностью и включим опцию *Compute TVTs if depth surface exist* (4).

Для выполнения задачи нажмите *Run* (5).

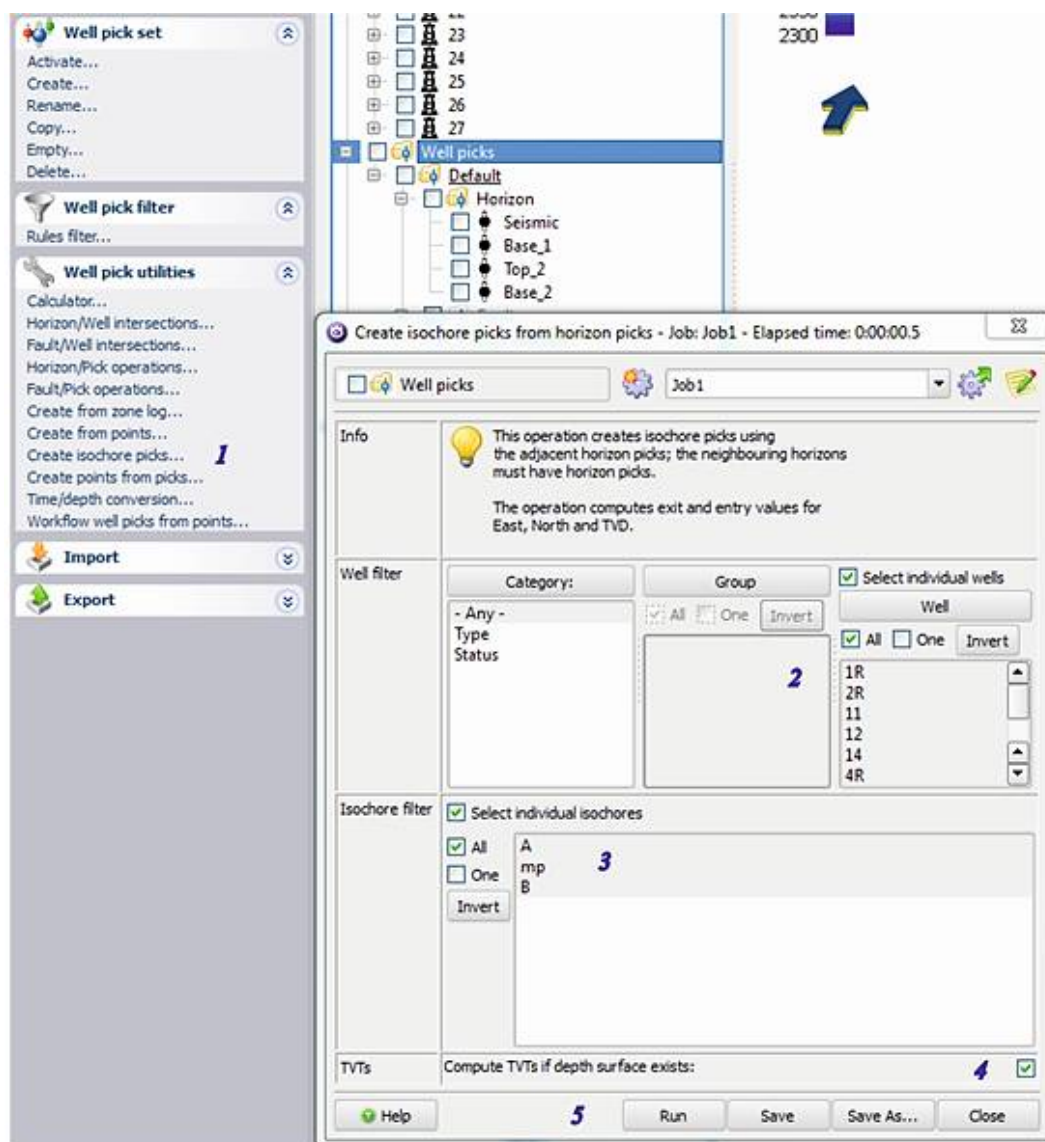


Рисунок 1.33 – Панель *Create isochore picks...*

1.2.3 Построение карты общих толщин

Карты общих толщин в *RMS* можно построить с помощью функциональности панели *Isochore mapping* (рис. 1.34).

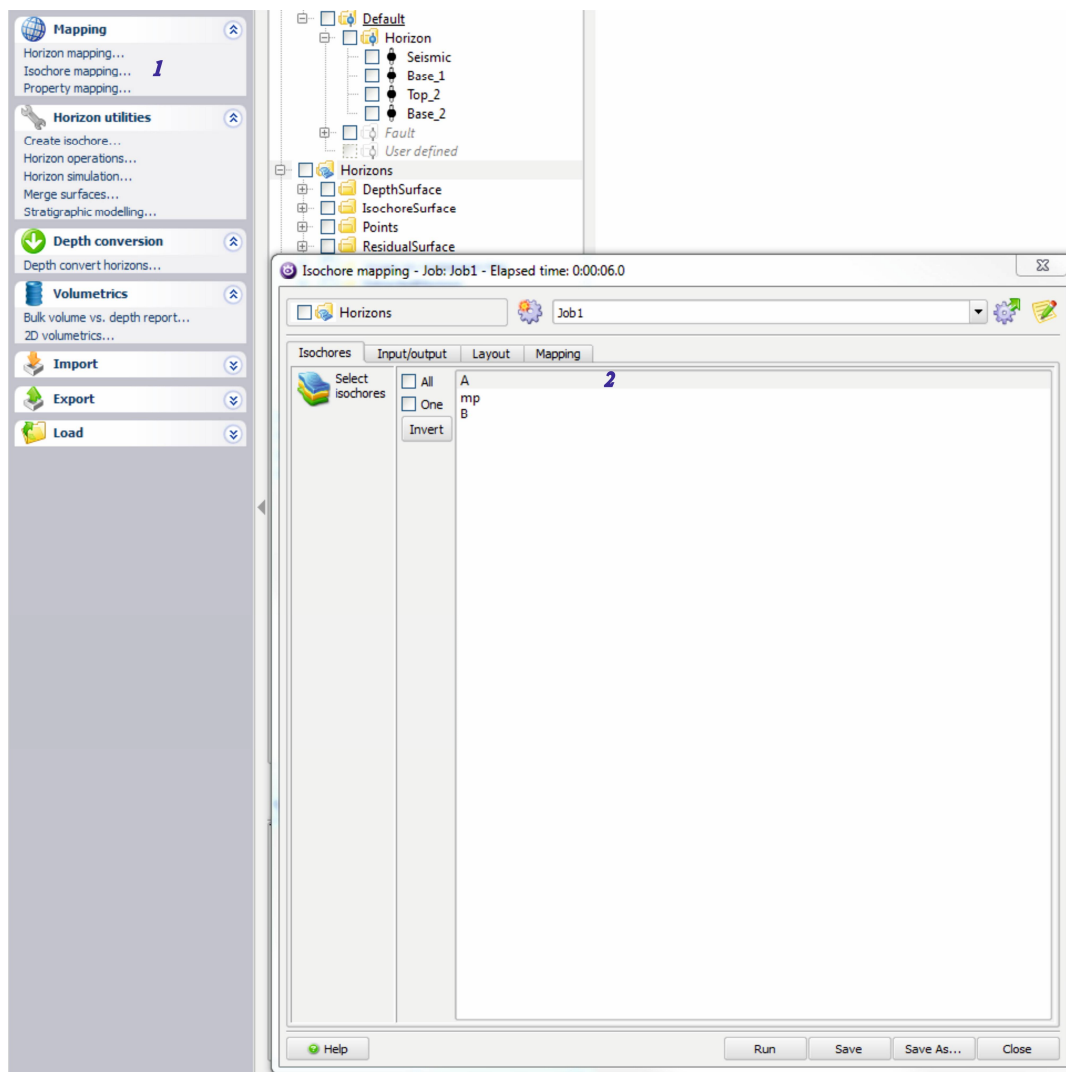


Рисунок 1.34 – Панель *Isochore mapping*

Кликните на контейнер *Horizons* и в списке операций данного контейнера в секции *Mapping* выберите опцию *Isochore mapping* (1).

Панель *Isochore mapping* используется для построения карт общих толщин на основании различных атрибутов толщин (*TVT*, *TST*, *MDT*, *TVDT*, и т. д.).

Панель *Isochore mapping* также содержит 4 закладки, функциональность которых аналогична описанной функциональности панели *Horizons mapping*.

Выберите пласт для моделирования – *H_1* (2).

В закладке *Input/Output* выберите пласт *H_1* (3) (рис. 1.35).

В качестве исходных данных выберите *Well picks* (4) с атрибутом *TVT entry* (5), также выберите все скважины (6).

В секции *Output* необходимо определить куда будет сохранена итоговая карта. Выберите контейнер *Horizon* (7), а из выпадающего списка выберите тип данных *IsochoreSurface* (8).

В закладке *Layout* (рис. 1.36) необходимо задать инкремент будущей карты – 50×50 (9).

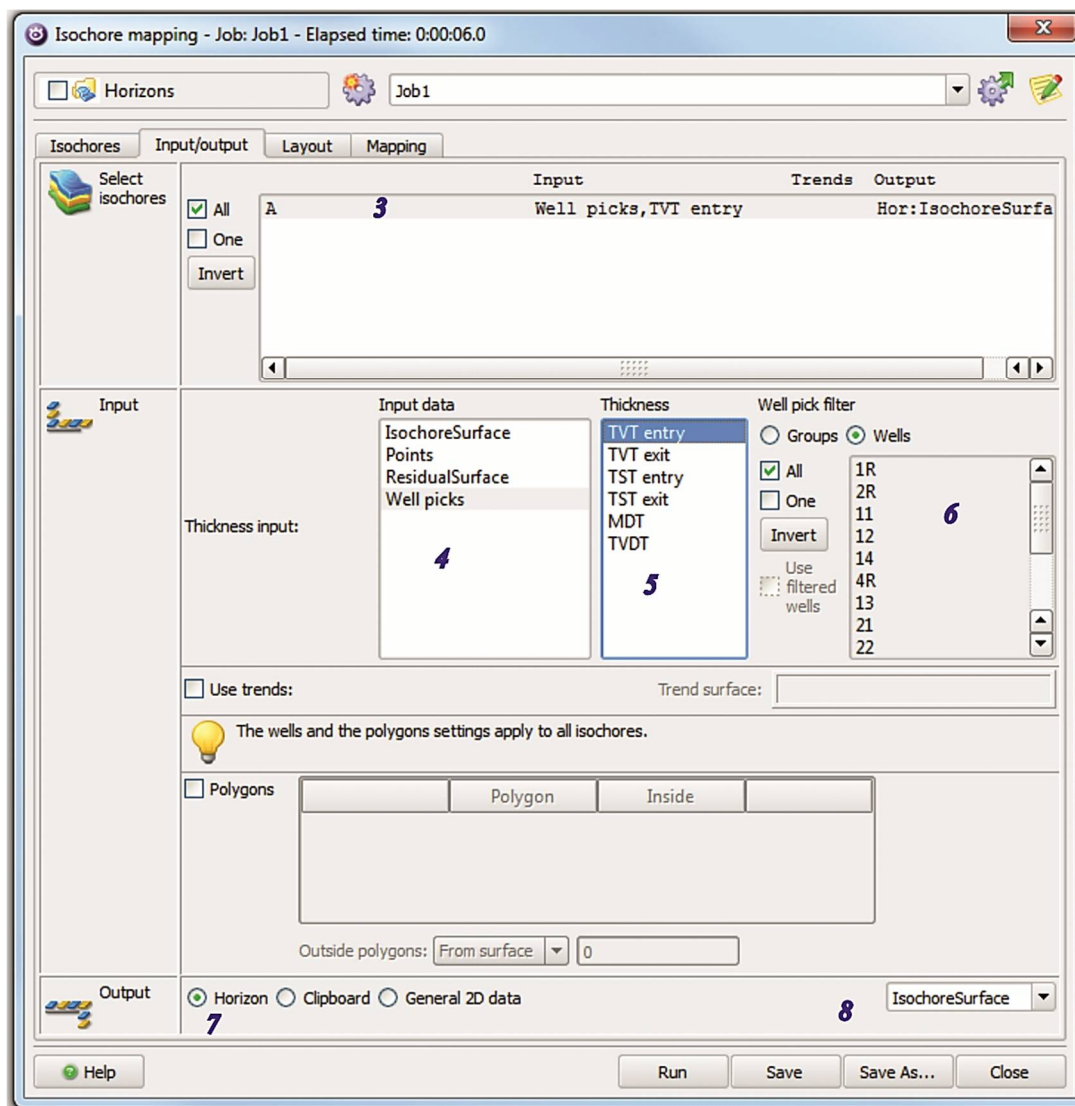


Рисунок 1.35 – Закладка *Input/Output*

Далее выберите опцию *user defined polygon* (10) и закиньте полигон вашей залежи *cultural data...*(11). Далее выберите пласт *A* (12) и ниже опции *Use thickness min* и *Use thickness max* (13), затем правее нажмите кнопки *Calc* (14) – на основании исходных данных будут рассчитаны минимальное и максимальное значения, которые будут интерполироваться при построении карты. При необходимости Вы можете изменить эти значения.

В закладке *Mapping* (рис. 1.37) выберите пласт *A* (15).

Ниже из выпадающего списка возможных алгоритмов картопостроений выберите *Global B-spline* (16).

Опция *Smooth* – сглаживание поверхности.

Включите данную опцию (17) и нажмите кнопку *Settings...* (18).

Панель *Smooth settings* позволяет задать настройки для сглаживания поверхностей. Опция *Well correction* – коррекция поверхности.

Включите данную опцию (19) и нажмите кнопку *Settings...* (20).

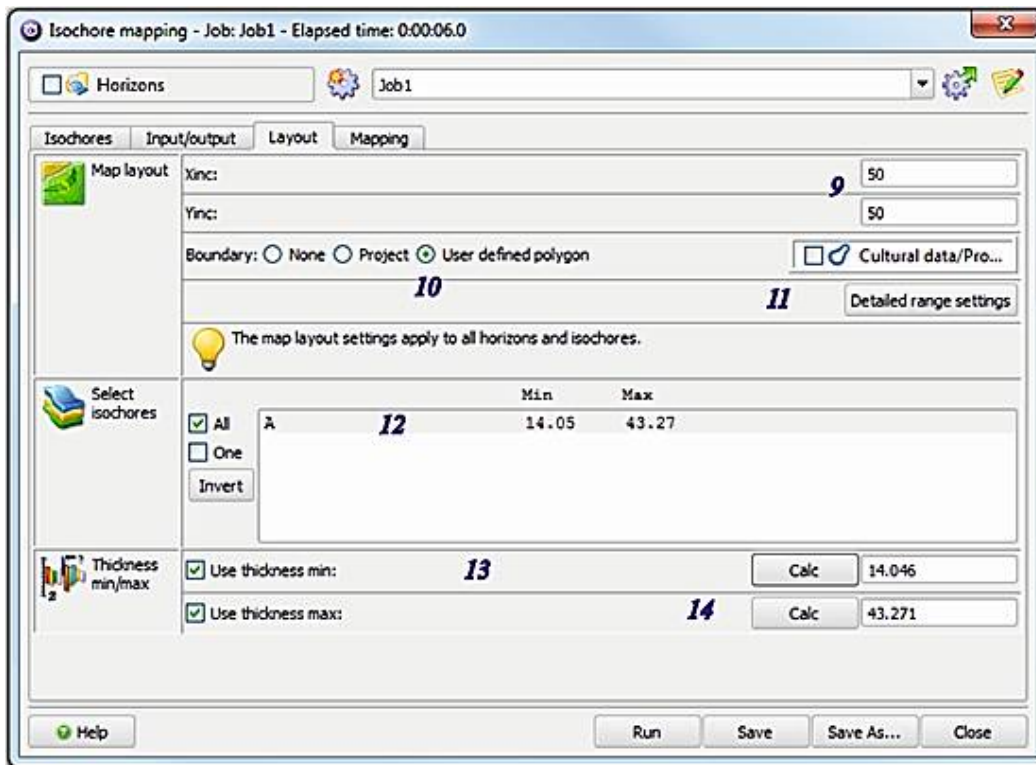


Рисунок 1.36 – Закладка *Layout*

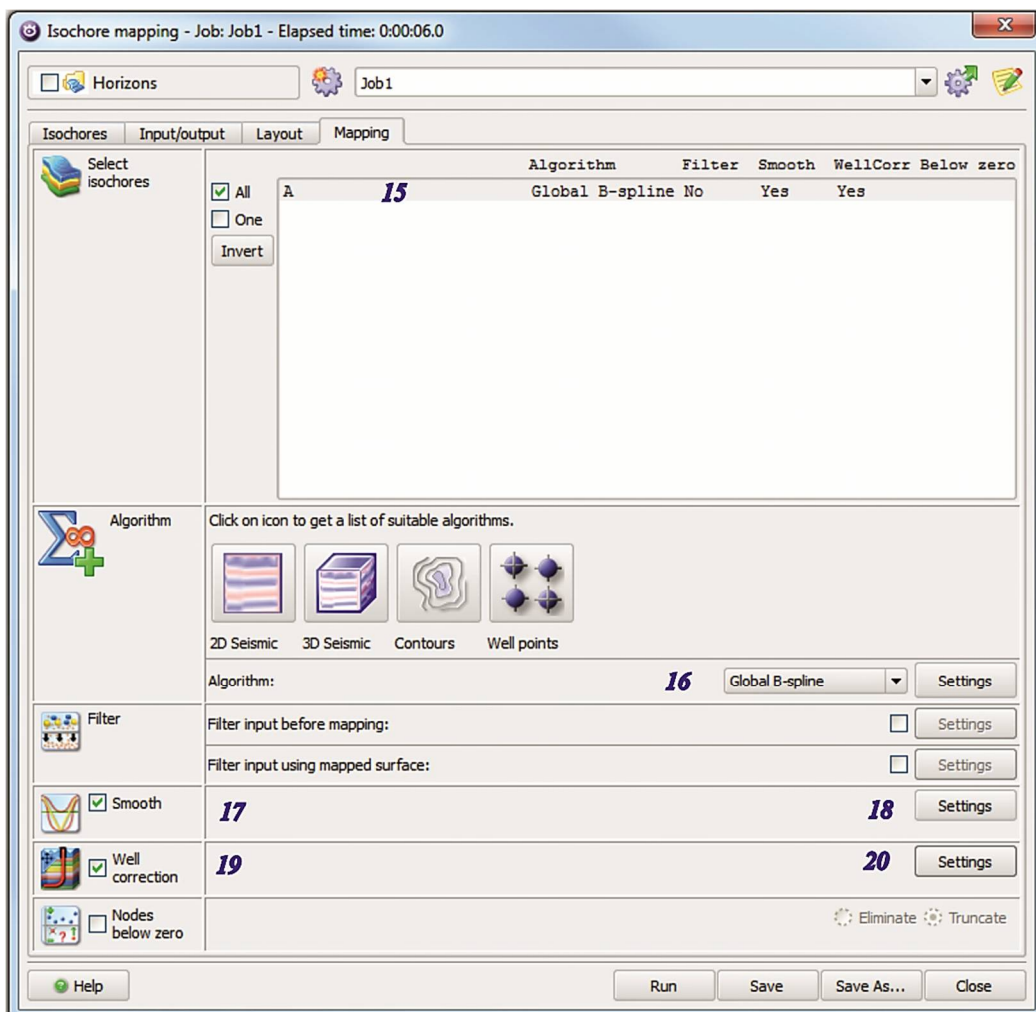


Рисунок 1.37 – Закладка *Mapping*

Настройки панели *Well correction settings* (рис. 1.38) аналогичны рассмотренным ранее настройкам панели *Horizon operation*, закладка *Adjust to wells*.

В данной панели выберите в качестве алгоритма *Moving average* (21).

При построении данной поверхности опцию *Influence radius* необходимо отключить (22), поверхность будет скорректирована равномерно по всей площади.

Включите опцию *Do exact* (23) – поверхность будут точно сидеть на заданных точках.

Выберите в качестве данных, относительно которых необходимо корректировать поверхность, *Well picks* и атрибут *TVT entry* (24).

Также выберите все скважины (25).

Нажмите *OK*.

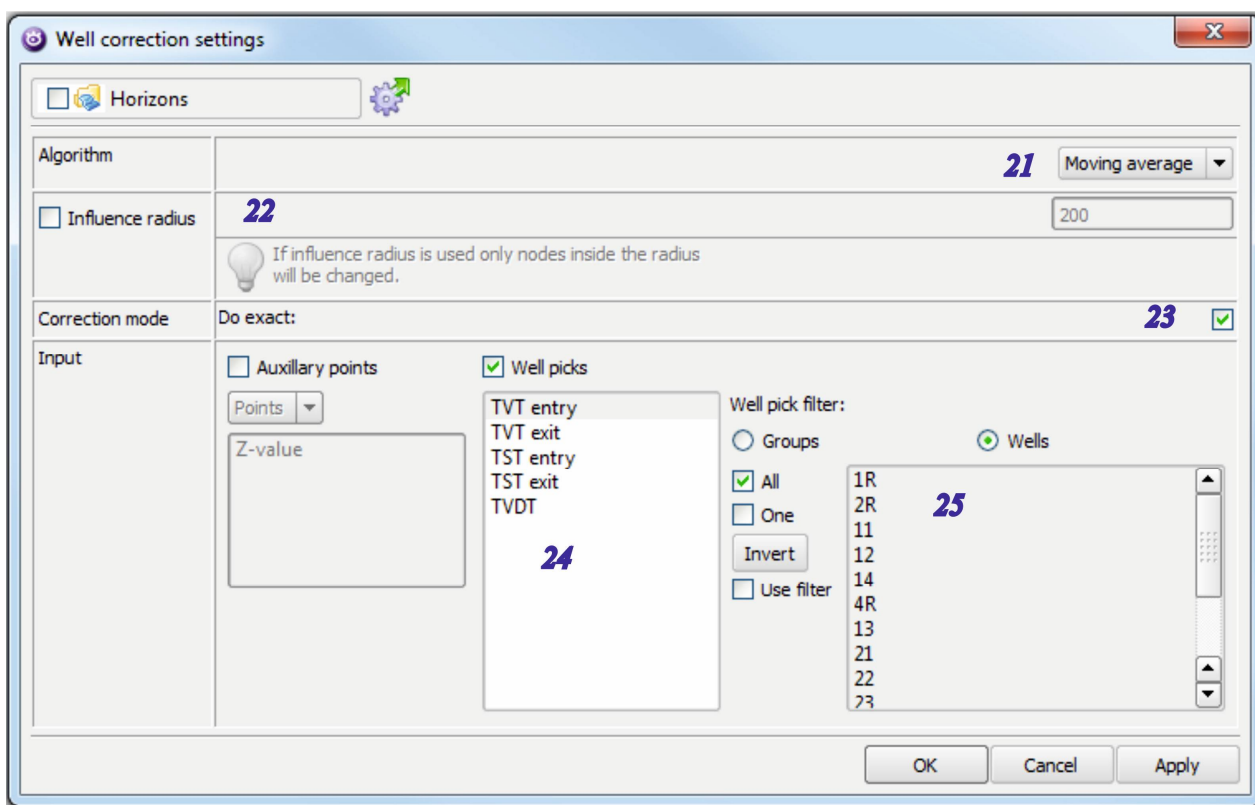


Рисунок 1.38 – Панель *Well correction settings*

В панели *Isochore mapping* нажмите *Save*, чтобы сохранить задачу, затем *Run*, чтобы выполнить текущую задачу.

Визуализируйте в 2D окне полученную карту общих толщин *A* (рис. 1.39).

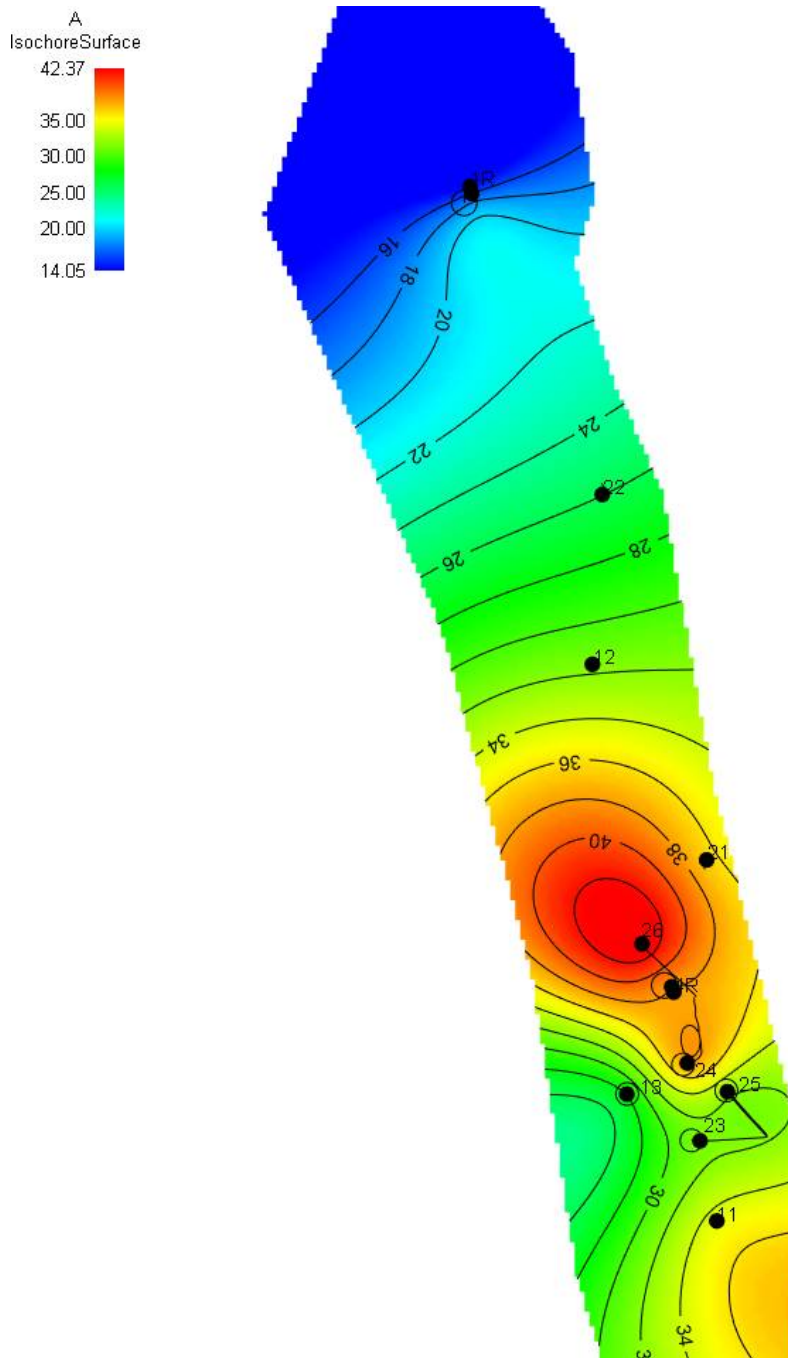


Рисунок 1.39 – Карта общих толщин А

Список использованной литературы

1. Азиз, Х. Математическое моделирование пластовых систем / Х. Азиз, Э. Сеттари. – М. : Недра, 1982.
2. Басниев, К. С. Подземная гидромеханика / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Р. Д. Каневская, В. М. Максимов. – М.-Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2006. – 488 с.
3. Каневская Р. Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов / Р. Д. Каневская. – М.; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002. – 140 с.
4. Карлсон, М. Р. Практическое моделирование нефтегазовых пластов / М. Р. Карлсон. – М.; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2012. – 944 с.
5. Кричлоу, Г. Б. Современная разработка нефтяных месторождений – проблемы моделирования / Г. Б. Кричлоу. – М. : Недра, 1979.
6. Кричлоу, Г. Б. Современная разработка нефтяных месторождений – проблемы моделирования / Г. Б. Кричлоу; пер с англ. – М. : Недра, 1979. – 303 с. – Пер. изд. США, 1977.
7. Мануал по Roxar.
8. Мануал по Tempest.