

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТИ И ГАЗА»
для студентов направления подготовки
21.04.01 Нефтегазовое дело

Направленность (профиль) Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в слож-
ных горно-геологических условиях

Ставрополь, 2026

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Нелепов М.В., Еремина Н.В., Логвинова Т.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТИ И ГАЗА
методические указания к лабораторным работам

Ставрополь 2026 г.

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Моделирование природных резервуаров нефти и газа» является формирование набора компетенций будущего специалиста в области обучения, воспитания и развития, соответствующих целям ОП «Нефтегазовое дело».

Для освоения дисциплины поставлены следующие задачи:

- раскрытие студентам сущности и привитие навыков применения современных методов геолого-математического моделирования природных резервуаров нефти и газа на основе использования специализированных программных продуктов и автоматизированных рабочих мест (АРМ) геолога.
- привитие навыков работы по сбору, систематизации, обобщению и анализу и адаптации широкого комплекса разнородной и разномасштабной информации для составления адекватных изучаемым природным объектам геолого-математических моделей природных резервуаров нефти и газа;
- привитие студентам знаний и умения пользования методами и средствами геолого-математического моделирования, обучение их владению навыками 2D, 3D моделирования природных резервуаров УВ на основе комплекса геолого-геофизических и промысловых данных.

Petrel представляет собой программное обеспечение на базе Windows для 3D визуализации, 3D картирования и 3D моделирования пласта. Пользовательский интерфейс базируется на стандартах Microsoft Windows.

Дисциплина «Моделирование природных резервуаров нефти и газа» представляет собой дисциплину обязательной части общепрофессионального цикла и читается в 1 семестре магистратуры.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

№ п/п	Содержание компетенции	Шифр
1	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	ОПК-4
2	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях	ОПК-5

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторное занятие № 1. Знакомство с программой, интерфейс.....	5
Лабораторное занятие № 2. Загрузка и редактирование данных.....	10
Лабораторное занятие № 3. Создание структурного каркаса, каротаж и корреляция	18
Лабораторное занятие № 4. Структурное моделирование. Создание модели, горизонтов.....	25
Лабораторное занятие № 5. Создание зон.....	30
Лабораторное занятие № 6. Разбиение на слои.....	44
Лабораторное занятие № 7. Перемасштабирование каротажных диаграмм.....	49
Лабораторное занятие № 8. Анализ данных литологии.....	63
Лабораторное занятие № 9. Моделирование фаций.....	77
Лабораторное занятие № 10. Контакты между флюидами.....	93
Лабораторное занятие № 11. Плагины.....	100
Лабораторное занятие № 12. Анализ данных петрофизических свойств.....	102
Лабораторное занятие № 13. Петрофизическое моделирование.....	107
Лабораторное занятие № 14. Подсчет запасов.....	118
Лабораторное занятие № 15. Подготовка модели для гидродинамики.....	124
Лабораторное занятие № 16. Вывод графики.....	128

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

ЗНАКОМСТВО С ПРОГРАММОЙ, ИНТЕРФЕЙС

Цель работы. Познакомить студентов с окнами интерфейса Petrel, с First Petrel Explorer, с Second Petrel Explorer.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенции ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Интерфейс пользователя. Интерфейс пользователя предназначен для того, чтобы обеспечить среднему пользователю ПК удобный вид и устройство. Существует две основные части окна Petrel: **Petrel Explorer** и **Окно отображения (Display window)**.

Petrel Explorer имеет такой же вид и устройство, что и Windows Explorer. Каждый элемент данных имеет сопутствующую иконку, и такие элементы можно организовать в директории и субдиректории, как это необходимо. В программе анализа имеется восемь закладок:

- Input (Ввод информации) – для ввода данных
- Models (Модели) – для созданных моделей
- Results (Результаты) – для результатов вычислений количества запасов и моделирования
- Templates (Шаблоны) – для таблиц цветов, используемых для отображения данных
- Processes (Процессы) содержит список всех процессов Petrel. Активация какого-либо процесса вызывает появление панели инструментов, соответствующих этому процессу. Двойной клик на процесс открывает окно диалога процесса.
 - Cases (Сценарии) дает доступ ко всем сценариям, определенным для моделирования и подсчета запасов.
 - Workflows (Технологические цепочки) обеспечивает доступ к менеджеру рабочих процессов и к любому рабочему процессу, созданному в текущем проекте.

- Windows (Окна) дает доступ к окнам и графикам, созданным в открытом проекте. Файлы и папки активируются при клике на них в Petrel Explorer.

Окно отображения (Display window) – отображает выбранные в закладках элементы. Отображать данные можно в окнах 3D, 2D, Well Section, Interpretation, Intersection, Map, Plot, Histogram, Function и Stereonet, хотя некоторые из них связаны с определенным типом данных.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, файлы готового проекта.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

Запустите Petrel, используя для этого иконку на рабочем столе.

1. Знакомство с окнами Petrel

Окно программы разделено на 3 главных зоны: 1 зона находится в левом верхнем углу и содержит все данные, которые загружены или получены в проекте, она называется First Petrel Explorer; 2 зона находится в нижнем левом углу и содержит несколько закладок, основные это закладка процессов и закладка открытых окон, она называется Second Petrel Explorer; 3 зона находится в центре – это активное окно отображения.

В верхней части окна расположены стандартные панели Menu bar и Tool bar. На правой стороне расположена панель функций. Доступные инструменты на этой панели зависят от выбранного процесса.

а) Понажимайте на каждую иконку на верхней панели меню, чтобы увидеть доступные функции.

б) Медленно проведите мышкой по иконкам второй панели инструментов. Будет появляться текст, описывающий функции каждой иконки.



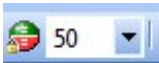
Откройте готовый проект. Для этого зайдите в File /Open project, в открывшемся меню выбираем файл проекта J3_III2_N16.

2. Знакомство с First Petrel Explorer

а) Создайте новое 2D окно. Для этого зайдите в Window / New 2D window. Попробуйте визуализировать (включать) разные объекты. Если объект не видно, нажмите кнопку  – видеть все.

б) Нажмите правую кнопку мыши на различных объектах, вы увидите доступные опции для каждого из объектов.

в) Создайте новое 3D окно. Для этого зайдите в Window / New 3D window. Попробуйте визуализировать (включать) разные объекты.

г) Включите объект Lito_for_model_HOR_FLOW. Нажмите левую клавишу мыши (ЛКМ) и переместите ее вверх. Нажмите кнопку  . Установите инструментом  масштаб 50. Попробуйте, удерживая ЛКМ повра-

щать изображение влево-вправо, вверх-вниз. Посмотрите что будет, если сделать тоже самое, удерживая среднюю кнопку мыши (СКМ).

3. Знакомство с *Second Petrel Explorer*

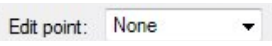
а) Понажимайте на несколько представленных процессов в Process diagramm. Обратите внимание, как меняются иконки на панели функций справа от окна отображения. Одна или две иконки в верхней части панели инструментов также будут меняться.

б) Нажмите два раза на процесс Make horizons. Посмотрите, какое открылось диалоговое окно, закройте его. Также на два щелчка зайдите в другие процессы.

в) В нижнем левом углу окна зайдите во вкладку Windows, опуститесь на самый низ. Здесь вы увидите созданные вами 2D и 3D окна. Попробуйте включать разные окна. Включите последнее 3D окно.

4. Знакомство с таблицами данных

а) Зайдите во вкладку Input. Нажмите правой кнопкой мыши (ПКМ) на папке Well, выберите Well manager. Попробуйте изменить разные данные.

б) Нажмите правой кнопкой мыши (ПКМ) на папке Well tops, выберите Spreadsheet. Попробуйте изменить разные данные, для этого выберите что-нибудь в окошке . Скопируйте нужные строчки или ячейки сначала выделив объекты, а затем, нажав на кнопку Copy . Вставьте скопированное в Excel.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, выполнить на компьютере необходимые действия.

Контрольные вопросы

1. Какие две основные части окна Petrel?
2. Где находятся и что содержат Menu bar и Tool bar?
3. Как создать новое окно?
4. В какой вкладке находятся созданные ранее 2D и 3D окна?

5. Как визуализировать объекты? Где находится кнопка «видеть все»?
6. Как вызвать таблицу данных Well tops?
7. Как вызвать диалоговое окно какого-нибудь процесса?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЗАГРУЗКА И РЕДАКТИРОВАНИЕ ДАННЫХ

Цель работы. Познакомить студентов с процессами импорта данных. Научиться производить загрузку данных скважин, каротажа, инклинометрии, опробования и других параметров.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование профессиональных компетенций ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Процесс импорта. Импортирование данных в программу Petrel может осуществляться из различных мест, и форматы будут зависеть от активной закладки в explorer (Input tab – закладка ввода или Model tab – закладка модели) и выбранных опций.

В программе Petrel проводится различие между операцией Import File (Импорт файла) , которую можно найти в ниспадающем меню File и на панели инструментов, и операцией Import (on selection) ((Импортировать (по выбору)) , которую можно найти в ниспадающем меню Insert или нажатием правой клавишей мыши на директории в Petrel Explorer. При операции импортировать (после выбора), импортируемые данные будут введены непосредственно в активную директорию, следовательно, будут выбираться только те форматы, которые могут существовать в активной директории.

Файлы можно также выбирать для импортирования, перетаскиванием их из любого окна Windows Explorer (включая рабочий стол) в любую директорию в Petrel Explorer.

Всегда лучше организовать входящие данные на раннем этапе. Тогда легче будет классифицировать различные типы данных, используемые для построения модели пласта. В Petrel Explorer можно создавать директории и поддиректории, пользуясь теми же принципами, что в Windows Explorer.

Доступные форматы при использовании операции импорта по выбору.

При использовании операции Import (on selection) , перечень форматов, имеющихся в диалоге импорта, зависит от того, какая директория является активной в Petrel Explorer.

General folder  активна: будут перечислены все форматы для точек, линий (профилей), gridded surfaces (поверхностей, представленных в виде грида) и данных SEG-Y. Скважинные данные, включая Well tops (маркеры), не включены. Скважинные данные можно импортировать только в определенные директории по скважинам  или по отметкам глубин перспективных горизонтов или Well Tops .

Wells folder  активна: перечислены только форматы, связанные с траекторией скважин.

Global observed data folder  активна: перечислены только форматы, показывающие накопленную добычу.

Well attributes folder  активна: доступен только формат Petrel (binary).

Well Tops folder  активна: только форматы Petrel для маркеров доступны, Petrel well tops (ASCII) и Petrel format (BINARY).

Rock physics functions  активна: перечислены форматы ключевых слов SCAL и ROCK.

Fluids folder  активна: перечислены только форматы ключевых слов Black Oil Fluid Model.

Seismic Data folder  активна: только форматы для сейсмики доступны для выбора (сейсмические данные в формате SEG-Y и в блочном ZGY).

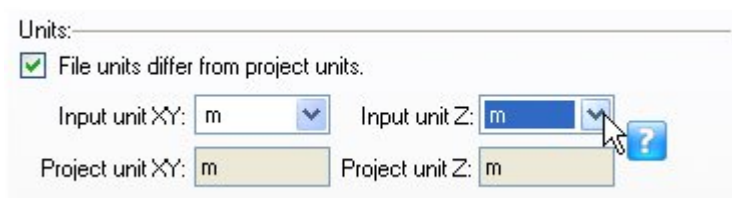
Models pane  активна: для выбора будут доступны форматы связанные с моделью разломов и гридом.

Cases pane  активна: для выбора будут доступны форматы связанные с информацией для гидродинамического моделирования.

В процессе импорта пользователь может изменить единицы измерения информации в файле. Единицы измерения для Z значений могут быть изменены отдельно от X/Y значений. Доступные опции:

Depth: Метр (m) в Фут (ft), Фут (ft) в Метр (m)

Time: Секунды (s) в Секунды 10^{-3} (ms), Секунды 10^{-3} (ms) в Секунды (s)



Как импортировать данные

Ниже рассматривается общий порядок импортирования данных в Petrel. Исключения составляют все виды скважинных данных, включая well tops (маркеры), grids и свойства.

1. Нажмите на Insert new folder  – появится новая папка в закладке Input.
2. Сделайте двойной щелчок по New folder, появится окно настроек для New folder. Измените название директории, напечатав соответствующее имя, и нажмите OK.
3. Щелкните правой клавишей мыши по новой директории и выберите Import (on selection)... из ниспадающего меню.
4. Определите формат и выберите файл (файлы) для импортирования, щелкните по Open. На экране высветится Input dialog, где вы сможете определить установочные параметры и проверить диапазон данных. Чтобы выбрать больше одного файла, при выборе нажмите Ctrl.
5. Когда первая директория будет содержать все необходимые данные для конкретной категории, создайте новую директорию и повторите процесс для следующего вида данных.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, файлы исходных данных.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

9. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
10. Не включать без разрешения оборудование.
11. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
12. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
13. Не допускать порчи оборудования.
14. Не работать в верхней одежде.
15. Не прыгать, не бегать (не пылить).
16. Не шуметь.

Задания

Этап загрузки исходных данных требует наибольшего внимания моделиера. Не правильно загруженные данные, даже по одной скважине, могут заставить Вас переделывать готовую модель с первого этапа. Кроме того, обычно исходные данные редко бывают подготовленными специально для Petrel. Обычно это таблицы, карты на бумаге, текст отчета, фотографии, да что угодно. Такие данные нужно преобразовать, подготовить в те форматы, которые существуют в Petrel.

Откройте новый проект Petrel.

1. Загрузка скважин

File / Import file выбираем тип файла Well heads, выбираем файл для загрузки, в открывшемся меню нужно оставить только те столбцы, которые присутствуют в вашем файле. Лишние нужно удалить. Например, если в вашем файле есть только имя скважины, координаты x, y, альтитуда (КВ) скважины, тогда нужно оставить только эти столбцы.

В 2D окне отобразите все скважины. Чтобы скважины стали читаемыми, произведите настройки. Wells ПКМ (правая клавиша мыши) Settings.

Сравните получившееся изображение с имеющейся схемой расположения скважин.

Если расположение каких-то скважин не совпадает, возможно, подкорректировать их координаты вручную. Для этого поместить мышь на скважину ПКМ Setting.

В этом же окне проверьте величину альтитуды (KB). Проверьте у нескольких скважин вразброс.

2. Загрузка инклинометрии

Wells ПКМ Import (on selection) выберите тип файла Well path/deviation (ASCII), затем зайдите в папку инклинометрии и удерживая клавишу Shift выберите все скважины. Открыть.

Если имя какой-то скважины не определилось, поищите его в раскрывающемся списке. Ок.

В открывшемся меню выберите формат инклинометрии и укажите, в каких столбцах в файле содержатся данные для загрузки.

Проверьте совпадение загруженной инклинометрии с исходным файлом. Для этого поставьте мышь на скважину, ПКМ Spreadsheet.

Если что-то не совпадает, найдите ошибку и перезагрузите инклинометрию для этой скважины.

3. Загрузка каротажа

Как правило, каротажные кривые ГИС, например стандартный каротаж или комплекс ГИС, содержатся в виде Las-файлов. Если у вас есть только бумажная версия, то с помощью специальных программ нужно получить Las-файлы. Стандартный каротаж совершенно необходим для последующей корреляции пластов. Кроме того в Las-файлах содержится интерпретация материалов ГИС: коллектор-неколлектор (в последствии для сокращения мы будем называть это литологией), пористость, нефте- или газонасыщенность, сведения насыщение пласта (нефть, вода и пр.). Часто эти параметры содержатся в виде таблиц. В этом случае нужно из таблицы создать Las-файл.

Чтобы загрузить каротаж: Wells ПКМ Import (on selection)

В открывшемся меню выбрать тип файла Well logs (ASCII), выбрать файлы скважин для загрузки, Открыть.

Если имя какой-то скважины не определилось, поищите его в раскрывающемся списке. Ок.

Включите Specify logs to be loaded.

Проверьте, совпадают ли строки с названиями каротажа в открывшемся окошке со столбцами вашего каротажа в Las-файле. Если совпало, то Ок. В противном случае, в окошке с каротажом добавляйте / удаляйте строки и переименовывайте.

Подобным образом, активируя Specify logs to be loaded нужно пройти все скважины.

Загруженный каротаж появится в папке Wells / Global well logs, а также в папках по каждой скважине.

Проверьте, весь ли каротаж загружен правильно. Для этого высветите его по всем скважинам в окне well section window. Для этого нажмите window / New well section window.

Включите все скважины и все каротаж, настройте визуализацию.

В закладке Windows поставить мышь на Ваше well section window 1 ПКМ Settings закладка Settings.

Далее нужно задать Template для каждого каротажа. Для этого подвести мышь на каротаж, ПКМ Settings закладка Info выбрать соответствующий Template. Здесь же в закладках Style \ 2D log можно настроить цвет и толщину каротажа.

Каротаж литологии и насыщения коллектора отличается от остального тем, что он дискретный. Поэтому для него в Petrel задать Template можно только через калькулятор.

Для этого поставить мышь на каротаж ПКМ Calculator. В открывшемся меню в калькуляторе приравнять новый каротаж исходному, но выбрать для насыщения template Facies.

Далее для насыщения нужно задать расцветку. Для этого на каротаже ПКМ Color table. Здесь нужно описать значения и задать цвет.

Аналогично нужно в калькуляторе создать литологию и задать ей расцветку.

Включить новые каротажи литологии и насыщения и проверить на правильность отображения.

4. Загрузка опробований скважин

Не является обязательной, но очень удобна для обоснования водо-нефтяного или газонефтяного контакта. Обычно опробования существуют в виде таблицы опробований. Из нее нужно создать файл со специальным форматом Comment well log.

Wells ПКМ Import (on selection), выбрать тип файла Comment well log, выбрать файлы скважин для загрузки, открыть.

Включите Global comment log 1, проверьте что все загружено верно.

5. Загрузка разбивок скважин по стратиграфическим горизонтам

Обычно геолог имеет предварительную корреляцию пластов в виде таблиц. Из них легко получить файлы формата Petrel well tops.

File / Import file выбрать тип Petrel well tops, выбрать файлы с разбивками скважин, открыть.

В загружаемом файле достаточно иметь имя скважины, относительную отметку пласта, название пласта. В этом случае надо отредактировать появившееся окно, оставив только имеющиеся у вас данные.

Включите загруженные отбивки, проверьте правильность загрузки.

6. Загрузка полигонов, точек

Для построения модели часто требуются дополнительные данные в виде линий и точек. Например, граница лицензионного участка, контур нефтеносности залежи, утвержденный ранее.

File / Import file выбрать тип файла Irap classic lines (ASCII), выбрать файлы с полигонами, Открыть. Если нужно загрузить точки, то File / Import

file выбрать тип файла Irap classic points (ASCII), выбрать файлы с точками, открыть. Одни и те же файлы можно загрузить и так и так.

Включите загруженные полигоны (точки), проверьте правильность загрузки.

7. Загрузка карт

Чтобы корректно построить кровлю / подошву модели необходимо использовать сейсмическую карту в виде тренда.

File / Import file выбрать тип файла Irap classic grid (ASCII), выбрать файл с сейсмической картой, открыть.

Включите загруженную карту, проверьте правильность загрузки. Произведите настройку изображения. На карте ПКМ Settings, в открывшемся меню закладка Colors, выставить минимум / максимум Apply. Закладка Style Inc: выставить через, сколько метров рисовать изолинии. Annotation Show включает подписи изолиний.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать загруженные в проект данные.

Контрольные вопросы

1. Как загрузить координаты скважины?
2. Как загрузить инклинометрию скважины?
3. Как загрузить каротажные диаграммы скважин?
4. Как загрузить опробования по скважинам?
5. Как загрузить разбивки стратиграфических горизонтов по скважинам?
6. Как загрузить полигоны и точки?
7. Как загрузить сейсмические карты?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.

2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

СОЗДАНИЕ СТРУКТУРНОГО КАРКАСА, КАРОТАЖ И КОРРЕЛЯЦИЯ

Цель работы. Познакомить студентов с корреляцией скважин, с методикой построения карт толщин, подошвы, кровли пласта и полигона ВНК.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. В пакете Petrel имеется инструмент для осуществления быстрой межскважинной корреляции, которая производится на экране; в программе имеется возможность отображения группы скважин в окне корреляции скважин, создания маркеров, повторного приведения к началу отсчета и вывода новых скважин для их сравнения с уже коррелированными скважинами. Также по мере бурения новых скважин, можно с легкостью производить выделение различных зон. Если существует соединение с сервером, обеспечивающим журналирование данных, окно скважинных разрезов обновляется в режиме реального времени. Отбивки могут быть изменены путем их перемещения в новое положение, а на дорожке глубин можно моментально считывать глубины новой отбивки, например в единицах MD (измеренной глубины), TVD (фактической вертикальной глубины) или TVDSS (фактической вертикальной глубины ниже уровня моря).

Как только было произведено новое пикирование для одной из скважин в окне корреляции скважин, для этой скважины создаются новые маркера. Также можно редактировать уже существующие отбивки.

Также в процедуре Well Correlation можно создавать и редактировать различные типы дискретных данных, например диаграммы фаций и стратиграфических подразделений.

Создать / Отредактировать маркеры

Маркеры используются для того, чтобы отметить границу между геологическими единицами в соответствии с тем, как они располагаются в стволе скважины. Затем они могут использоваться на этапе построения модели в качестве дополнительного контроля, который помогает определить, совпадают ли точки положения горизонтов модели с данными наблюдений.

Если маркеры используются при корректировке скважин в операции «создать горизонт или создать зону», тогда будет использоваться соответствующий атрибут (время или глубина) в зависимости от того, будет горизонт изображён во временных или в глубинных величинах.

Одна из распространённых проблем метода, связанного с выбором точек в качестве геологических границ, состоит в том, что он даёт слишком мало информации о том, что происходит между точками, в связи с чем, могут возникнуть неопределённости. По этой причине маркеры в программе Petrel увязываются с концепцией Зоны, посредством чего пользователь также определяет, какие геологические зоны залегают между маркерами. Дополнительным преимуществом этого подхода является то, что каротажные диаграммы скважин могут усредняться в отдельных зонах и величины помещаться в память как атрибуты именно той конкретной зоны в конкретной скважине.

Чтобы получить каротажную диаграмму зоны для папки маркеров, щёлкните правой кнопкой мыши на маркерах и выберите: Insert/Update Zone Log. Тогда каротажная диаграмма будет помещена в Global well logs и может выводиться на экран в окне разреза скважин.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный на предыдущем занятии проект, файлы исходных данных.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опас-

ное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

Структурный каркас является основой для построения модели. На этом этапе модельер производит корреляцию скважин, строит кровли-подошвы пластов, строит тренды и полигоны неколлектора, проверяет пересечение кровли и водонефтяного контакта.

1. Корреляция скважин

Зафиксируйте каждый из загруженных горизонтов в папке Well tops.

Поставьте мышь на горизонт, ПКМ Settings, закладка Settings, включить галку Lock well top. Сделайте это для всех загруженных горизонтов.

Создайте новый Well tops.

В основном меню закладка Insert/ New well tops. Переименуйте новый Well tops, на нем ПКМ Settings закладка Info / Name, например, Well tops2012.

Откройте схему корреляции Well Section или создайте новую.

Чтобы начать корреляцию поставьте мышь на Ваш Well tops2012, раскройте его, поставьте мышь на папку Stratigraphy.

На панели инструментов справа включите инструмент  создать/редактировать Well tops.

Чтобы закончить корреляцию нажмите инструмент .

Сделайте недостающую корреляцию во всех скважинах. Корреляцию пласта следует вести по глинам. На разрезе включите сейсмическую карту, насыщение пласта, результаты опробования скважин.

2. Создание границы модели

Граница модели – это нарисованный нами полигон, который впоследствии будет использован как для построения карт, так и для построения модели.

Во вкладке Processes раскройте Utilities, поставьте мышь на Make/edit poligons.

Включите инструмент  Start new set of poligons и ЛКМ нарисуйте полигон, нажмите инструмент  закрыть выбранный полигон, чтобы закончить нажмите .

Переименуйте полученный полигон, например boundary.

3. Использование данных сеймики

Чтобы построить кровлю реперного пласта, загруженная сейсмическая карта подаётся в качестве тренда.

Двойной клик мыши на процессе Make/edit surface.

В открывшемся меню: Main input: сейсмическая карта, Boundary: полигон boundary.

Поставить галку Name: имя карты, которая получится, например Top_J3_III1.

Закладка Geometry, включить Automatic (from input data/boundary).

Закладка Algorithm метод Surface resampling.

Закладка Well adjustment Well tops горизонт кровли пласта Top_J3_III1, активировать Global adjustment Use influence radius 800, OK.

Проверьте насколько хорошо построена карта и насколько она отличается от исходной сейсмики.

4. Построение карт толщин, подошвы, кровли пласта ниже репера

Поставить мышь на горизонт Top_J3_III1, подвести мышь к нижележащему горизонту Top_J3_III2 и нажать ПКМ Convert to isohor points, внизу появятся точки TopJ3_III2 - Top_J3_III1.

Двойной клик мыши на процессе Make/edit surface.

В открывшемся меню: Result surface удалить раньше построенную карту, на вопрос ответить Да.

Main input: полученные нами точки TopJ3_III2 - Top_J3_III1.

Attribute: Thickness.

Boundary: полигон boundary.

Поставить галку Name: имя карты, которая получится, например H_J3_III1.

Закладка Geometry, включить Automatic (from input data/boundary).

Закладка Algorithm метод, Isochore interpolation, в ней же установить границы минимума и максимума.

Закладка Well adjustment активировать none, OK.

Проверьте, насколько построенная карта соответствует вашим ожиданиям.

Аналогично постройте карту толщин H_J3_III2.

Кровля Top_J3_III2 и подошва Bot_J3_III строятся в калькуляторе.

5. Построение карты тренда коллектора (карты песчанистости пласта)

Эти карты можно не строить, однако в этом случае результат распределения коллектора в 3D кубе может оказаться непредсказуемым. Если в вашем

пласте есть неколлектора, то лучше подкладывать построенные вами карты в качестве тренда.

Поставьте мышь на папку Attributes внутри ваших Well tops2012, ПКМ Insert new attribute, ОК, в открывшемся меню закладка Attribute operations, активируйте To the zones at level.

Выберите в Log to be used кривую литологии, например Lito_for_model, выберите в Average method Fraction, выберите в Facies code код коллектора 1, Run, ОК.

После этого в папке Attributes появится новый атрибут Lito_for_model, включите только один стратиграфический горизонт, например Top_J3_III1, поставьте мышь на атрибут Lito_for_model, ПКМ Convert to points (using filter), внизу появятся точки, например Well tops2011 (Lito_for_model(1: Fine Sand)) [Filter].

Двойной клик мыши на процессе Make/edit surface.

В открывшемся меню: Result surface удалить раньше построенную карту, на вопрос ответить Да.

Main input: полученные нами точки Well tops2011 (Lito_for_model(1: Fine Sand)) [Filter].

Boundary: полигон boundary.

Поставить галку Name: имя карты, которая получится, например trend_J3_III1.

Закладка Geometry, включить Automatic (from input data/boundary).

Закладка Algorithm, метод Isochore interpolation, в ней же установить границы минимума и максимума.

Закладка Well adjustment, активировать none, ОК.

В результате у вас получилась карта песчаности пласта J3_III1 (толщина коллектора, делённая на общую толщину пласта).

Проверьте, насколько построенная карта соответствует вашим ожиданиям. Подкорректируйте карту с помощью инструментов в правой части окна.

6. Получение полигона неколлектора

Поставьте мышь на карту тренда ПКМ Settings Operations, раскрыть папку Convert points/poligons/surfaces, поставьте мышь на Create intersection with plane, введите в окне Level 0.01, Run, OK.

Внизу появится полигон, подкорректируйте его.

7. Получение полигона ВНК

Поставьте мышь на карту кровли пласта Top_J3_III1, ПКМ Settings Operations, раскрыть папку Convert points/poligons/surfaces, поставьте мышь на Create intersection with plane, введите в окне Level отметку ВНК, например (для J3_III1 -3236; для J3_III2 -3251), Run, OK.

Внизу появится полигон.

В 2D окне включите полигон ВНК и полигон неколлектора, проверьте, что залежь закрыта. Если нет, следует перестроить структурный каркас.

Постройте несколько разрезов в разных направлениях. В 2D окне рисуйте полигон, затем на полигоне ПКМ Create vertical intersection, внизу появится Vertical intersection, на нем ПКМ Create intersection window. Произведите настройки появившегося окна, включите все карты кровли-подошвы, ВНК, скважины через который проходит разрез. Убедитесь, что все выглядит правдоподобно.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать загруженные в проект и полученные в процессе работы данные (карты, полигоны).

Контрольные вопросы

1. Какие предусмотрены инструменты для корреляции скважин?
2. Как создать границу модели?
3. Каким образом используются данные сейсморазведки?
4. Как построить карту толщин, карту подошвы пласта?
5. Как построить карту песчанистости пласта?
6. Как получить полигон неколлектора?
7. Как получить полигон ВНК?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ, ГОРИЗОНТОВ

Цель работы. Познакомить студентов с методикой структурного моделирования. Ознакомиться с тремя процессами структурного моделирования.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Структурное моделирование.

Структурное моделирование в Petrel подразделяется на три процесса:

1. Fault Modeling – определение разломов в геологической модели, которое будет создавать основу для создания 3D грида. Эти разломы будут определять разрывы в сетке, линии, вдоль которых горизонты, вставляемые позднее, могут быть смещены. Смещение, которое имеет место, полностью зависит от входных данных, поэтому моделирование обратных сбросов выполняется так же легко, как моделирование нормальных сбросов.
2. Pillar Gridding – создание грида из модели разломов. Ограничения по геометрии или по гриду могут быть определены во время процесса, поэтому легко создать два грида из одной и той же модели разломов – один грид, предназначенный для геологического моделирования и другой, оптимизированный, для гидродинамического моделирования.
3. Make Horizons – вертикальное разбиение в модели на слои. Именно здесь определяется смещение на разломах. Make Horizons создает независи-

мые геологические горизонты из входных данных в XYZ координатах. Для создания дополнительных горизонтов с использованием относительного расстояния до существующих горизонтов (например, изохор) используйте Make Zones. Эти два процесса используются для создания геологических зон в пределах модели. Предполагается, что каждая зона будет иметь похожие петрофизические свойства и может, поэтому, моделироваться с использованием одного набора входных данных. Слоистость вводится в ячейки мелко-масштабной сетки, которые будут описывать вертикальную изменчивость в пределах каждой геологической зоны.

Эти три процесса всегда должны рассматриваться вместе и пользователь обычно будет переходить или возвращаться от одного к другому. Проблемы с моделью разломов часто не бывают очевидными, пока вы не начнете Pillar Gridding, и проблемы с pillar grid не проявятся, пока вы не начнете строить свои горизонты в Make Horizons. Аналогично, многие проблемы, выявленные при использовании Make Horizon, потребуют редактирования вариантов pillar gridding или даже модели разломов.

Рекомендуется сначала строить модель просто и затем пройти прямо через эти три процесса, прежде чем постепенно усложнять модель разломов. Это поможет вам выявить те детали, которые вызывают проблемы и как решить их наилучшим образом.

Pillar Gridding

Структурная модель создается в процессе, называемом Pillar Gridding. Pillar Gridding – это отдельная концепция в Petrel, в которой разломы в модели разломов используются в качестве основы для создания 3D грида. Имеется несколько опций для подгонки 3D грида для геологического моделирования или гидродинамического моделирования.

Поскольку Key Pillars активно используются в процессе построения грида, существует близкая зависимость между процессом Fault Modeling и процессом Pillar Gridding. Пользователю может понадобиться вернуться назад и поработать над процессом моделирования разломов, чтобы решить пробле-

мы, возникающие в процессе построения грида. Эти проблемы могли бы возникнуть во время моделирования разлома, но проявились бы только при построении грида. Зависимость между процессами Fault Modeling и Pillar Gridding является итеративным процессом, с которым пользователь может потратить некоторое время, чтобы получить грид хорошего качества и высокую ортогональность ячейки.

В результате Pillar Gridding получают набор элементов, как показано на рисунке ниже, как вдоль разломов, так и между разломами. Грид не имеет слоев, а только набор элементов с введенными пользователем приращениями в координатах X и Y между ними (как подушечка для иголок). Разбиение на слои вводится, когда создаются горизонты и зоны.

Основное внимание при разработке процедуры построения грида из элементов в программе Petrel было направлено на алгоритмы построения грида, чтобы сделать их легко приспособляемыми, а также быстрыми и надежными. Во время Pillar Gridding пользователь может направлять и контролировать результат грида интерактивно, добавляя или удаляя линии тренда, изменяя установочные параметры и выбирая разные геометрии элементов. Это итеративный процесс, почти такой же, как диалог между пользователем и приложением.

Make Horizons (создать горизонты)

Этап процесса Make Horizons – это первый этап в определении вертикального дробления на слои в 3D гриде в Petrel. Вертикальное дробление на слои определяется в трех этапах процесса (рис. 1).

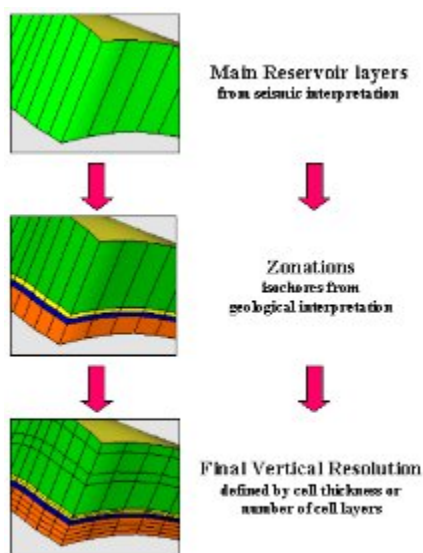


Рисунок 1. Топология создания вертикального дробления на слои в Petrel

Обычно сейсмическая интерпретация используется для определения главной вертикальной архитектуры модели пласта. Когда вы вводите горизонты в набор пилларов, сгенерированных в процессе Pillar Gridding, все пересечения между пилларами и горизонтами становятся узлами в 3D гриде.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный на предыдущем занятии проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).

5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

В окне процессов во вкладке Structural modeling вызовите на два щелчка мыши Define modeling. В открывшемся окне введите имя модели, ОК.

Вызовите процесс Pillar gridding. В открывшемся окне выставите I, J increment 50.

Не закрывая окна, поставьте мышь на boundary ПКМ Convert to boundary on the active Fault model, теперь нажмите Apply, ОК.

Активируйте процесс Make horizons. В открывшемся окне нажмите кнопку , в результате добавится строка. В этой строке в окошко Well tops вставьте наш реперный горизонт Top_J3_III1 из Well tops2012, в окошко Input#1 вставьте карту кровли пласта Top_J3_III1 из нашего структурного каркаса, ОК.

Включите в 3D окне, во вкладке моделей, в папке Horizons Top_J3_III1. Настройте визуализацию и проверьте совпадение с исходной картой в структурном каркасе. Сделайте это же в 2D окне.

В случае несоответствия, проверьте настройки и перестройте горизонт.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать полученные в процессе работы данные структурного моделирования.

Контрольные вопросы

1. На какие 3 процесса подразделяется структурное моделирование?
2. Для чего нужен процесс Fault Modeling?
3. Для чего нужен процесс Pillar Gridding?
4. Какие настройки делают в процессе Pillar gridding?

5. Для чего нужен процесс Make Horizons?
6. Какие настройки делают в процессе Make horizons?
7. Как проверить правильность структурных построений?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

СОЗДАНИЕ ЗОН

Цель работы. Познакомить студентов с методикой создания зон и процессом Make Zones.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Процессы Make Zones (создать зоны) и Make Sub Zones (создать подзоны) – это два последних этапа в определении вертикального разрешения 3D грида. Процесс Make Zones используется, когда имеется геологическое зонирование (изохоры). Этот этап процесса может быть пропущен, когда зонирование не дано. Процесс Make Sub Zones позволяет пользователю определять конечное вертикальное разрешение грида путем настройки толщины ячейки или числа желаемых слоев в ячейке.

Процесс Make Zones

После двойного щелчка на процесс Make Zones всплывает диалоговое окно Make Zones. Это диалоговое окно имеет три закладки. В принципе, окно работает так же, как работает диалоговое окно в Make Horizon – т.е. это таблица с геологическими зонами и горизонтами, представленными строками, и установочными параметрами, выбранными конкретным пользователем, ко-

которые представлены колонками. Дополнительные опции находятся в закладках Settings и Wells.

Процесс Make Zones рассчитывается для одного стратиграфического интервала за один раз. Каждый горизонт ограничивает стратиграфический интервал. Программа также предусматривает стратиграфический интервал выше и ниже верхнего и нижнего горизонта, соответственно.

Пример: Если имеется три горизонта, названные Top, Mid и Base horizon, в модели будет четыре стратиграфических интервала, для которых процесс Make Zones может быть выполнен:

- Above Top (над верхним)
- Top – Mid (верхний – средний)
- Mid – Base (средний – нижний)
- Below Base (под нижним)

Эродированные горизонты

Если вы работаете с эродированными горизонтами, и они неправильно эродированы в процессе Make Horizon и/или Depth Conversion, это нужно исправить, перед тем как выполнять Make Zones. Обратите внимание, это экспертная операция и редко бывает нужна.

Чтобы сделать это, сначала перейдите к закладке Output2 в окне Zone filter Settings. Создайте выходные изохоры и найдите наиболее подходящий интервал допустимой эрозии для вашего набора данных.

Затем перейдите к окну Settings 3D грида . В закладке Operations введите интервал допустимой эрозии и щелкните на кнопку Make consistent (сделать согласующимся).

Горизонты теперь необходимо правильно эродировать, и грид готов для процесса Make Zones.

Как создать зоны

1. Дважды щелкните на Make Zones  в диаграмме Process. Всплывет диалоговое окно процесса.

2. Выберите Stratigraphical Interval для определения зон из ниспадающего меню в левой верхней части диалогового окна. Эти основные интервалы являются интервалами, определяемыми в процессе Horizons. Обратите внимание, что только один интервал может быть рассчитан за один раз.

3. Щелкните на кнопку Add Zone  (добавить зону) для добавления строки к таблице. Обратите внимание, что за один щелчок вставляется три строки с двумя пиктограммами зоны и одной пиктограммой горизонта (если выбранный стратиграфический интервал это Top – Mid или Mid – Base). Иконки зоны представляют изохоры, используемые для расчета нового промежуточного горизонта.

4. Щелкните на кнопку Set number of items in table  (задать число пунктов в таблице) и задайте, сколько зон вы хотите иметь в текущем стратиграфическом интервале.

5. Определите тип ввода. Если объект данных (изохора или точки скважин) используется для определения зон, выберите его в окне Input в Petrel Explorer.

6. Щелкните на синюю стрелку рядом с полем ввода, названным Input, убедитесь, что название активного объекта данных вставлено. Одновременно можно вставить несколько объектов, но не забудьте сначала отметить Multiple drop in table.

7. Продолжайте вставлять объекты данных в таблицу, пока не заполните все Input Fields (поля ввода).

8. Выберите Build from Top (строить от верхнего) или Build from Bottom (строить от нижнего). Это важно, когда вы работаете с эрозионными поверхностями или с налагающимися геологическими последовательностями.

9. Выберите, использовать Volume Correction (поправку за объем) или нет. При добавлении изохор к нижней или верхней поверхности сумма очень редко согласуется с верхней или нижней поверхностью, соответственно. Ошибка обычно распространяется пропорционально или равномерно среди

разных под-интервалов. При выборе No correction (нет поправки) все погрешности объема добавятся к последней зоне, которая строится.

10. Расчет мощности может быть выполнен как True Stratigraphic Thickness (истинная стратиграфическая мощность) (TST), True Vertical Thickness (истинная вертикальная мощность) (TVT) или Along pillars (вдоль пилларов). Когда пиллары в наборе данных вертикальные, рекомендуется выполнить расчеты мощности вдоль пилларов, потому что это более быстрая операция по сравнению с расчетом TST и TVT.

11. При щелчке на ОК будут созданы промежуточные горизонты и зоны. Новые горизонты и зоны теперь можно взять из директорий Horizons и Zone Filter в Petrel Explorer.

Если вы хотите сделать горизонты одновременно для нескольких интервалов (т.е. не закрывая диалоговое окно процесса Make Zones), не забудьте щелкнуть на кнопку Apply прежде, чем переходить к следующему интервалу.

Установочные параметры Make Zones

Имеется три закладки с разными установками в диалоговом окне для Make Zones:

- Zones – здесь вводятся входные данные, такие как изохоры или маркеры, для процесса Make Zones. В случаях, когда нет входных данных, можно вводить численные установочные параметры.
- Settings – некоторые установочные параметры в отношении скважин, маркеров и эрозии.
- Well Adjustment – геометрические установки скважин и установки отчета по скважине.
- Uncertainty – данная таблица активируется в том случае, если предварительно была активирована соответствующая иконка. В этой таблице содержатся установки по стохастической поверхности ошибок.

Stratigraphic Interval (стратиграфический интервал) (Make Zones)

Stratigraphic Interval определяет, на какой интервал должна быть применена таблица изохор. Каждый интервал определяется из основных зон, созданных в процессе Make Horizons.

Пример: Если два горизонта (Top Reservoir, Base Reservoir) были созданы в процессе Make Horizons, следующие стратиграфические интервалы могут быть использованы в процессе Make Zones:

- Above Top Reservoir (над верхним пластом).
- Between Top Reservoir and Base Reservoir (между верхним пластом и нижним пластом).
- Below Base Reservoir (под нижним пластом).

Отдельные таблицы настраиваются и определяются для каждого интервала.

Zone definition (определение зоны) (Make Zones)

Name – название зоны / горизонта.

Color – цвет зоны для визуализации. Щелкните на иконку Color leg-end



(легенда цветов) для применения цветовой шкалы радуги к вашим зонам.

Щелкните еще раз на эту иконку, чтобы отменить цветовую шкалу.

Input type – разные типы ввода имеются для the Zones:

- Constant – определенное пользователем постоянное значение для мощности зоны. Значение мощности вводится в колонке ввода.
- Isochore – грид поверхности изохоры, определяющий переменную мощность зоны.
- Conformable – значения наносятся на грид в Petrel для создания горизонта, основанного только на маркерах.
- Percentage – значение в процентах для мощности зоны, при этом 100% – это общая мощность. Значение мощности вводится в колонке ввода.
- Rest – остаточная мощность. Мощность не задается. Petrel рассчитывает остаточную мощность, на основании других зон, составляющих общую мощность. Когда одна из зон (независимо какая) определяется как Rest, дру-

гие зоны строятся по направлению к этой зоне и все, что остается выше, становится «остальной» зоной. Эта зона исчезает, если нет остаточной зоны.

Input – задается автоматически, когда тип входных данных определен как изохора, маркер или rest. В противном случае здесь определяется процентное содержание или постоянная мощность.

Volume Correct – включается для выполнения поправки за объем. При работе с поправкой за объем, эта опция позволяет пользователю переключать метку для специальных зон, которые не должны корректироваться за объем. Обратите внимание, что эта колонка недоступна, когда выбирается "None" для поправки за объем.

Status – New или Done, в зависимости от того, процесс был выполнен или нет.

Multiple drop in table – позволяет задать несколько файлов, например, изохор, одновременно. Добавьте необходимое число зон, сначала щелкнув на , чтобы добавить несколько зон с одинаковыми установочными параметрами за одну операцию. Или используйте , чтобы добавить отдельные зоны. Затем щелкните на первую изохору, которая будет использоваться в директории изохор в Petrel Explorer. Щелкните на синюю стрелку  рядом с верхней зоной. Выбранная изохора будет вставлена, за ней будут вставлены остальные изохоры в рамках директории изохор. Выберите , чтобы создать несколько зон с одинаковыми установками.

Uncertainty icon

Включив данную Иконку, появится дополнительная колонка, в которой пользователь может определить константу/поверхность, представляющую ошибку в одно среднее квадратичное отклонение для выбранной зоны. Используемая совместно с закладкой Uncertainty tab, смотрите Uncertainty tab (Make Zones).

Build From (Построение от....) (Make Zones)

Когда построение выполняется от верха (Building from Top), изохоры добавляются от верха стратиграфического интервала. В зависимости от применяемого типа ввода (Input type) эта опция может использоваться, чтобы рассчитанные горизонты были параллельными или соответствовали кровле. То же применяется к случаю, когда построение идет от низа (Building from Bottom). Построение одновременно от верха и низа подходит только, тогда зона определяется как Rest. Например, если вы выбираете зону rest где-то в середине таблицы зон, все зоны выше и ниже будут построены по отношению к ней соответственно.

Volume correction (Поправка на объем) (Make Zones)

При добавлении, например, изохор к верхней или нижней поверхности, сумма обычно не будет соответствовать верху/низу. Поправка за объем зоны, поэтому должна применяться по-разному.

- Proportional correction (пропорциональная поправка) будет разделять погрешность пропорционально в зоны в соответствии с их относительной мощностью. Эта опция полезна, когда зоны имеют широкий диапазон изменения мощности.

- Equal correction (равная поправка) разделяет погрешность на равные пропорции для каждой зоны. Эта опция полезна, когда зоны имеют небольшое изменение в мощности.

- None correction (нет поправки) не будет делать поправку за объем для всех зон. Вся погрешность, связанная с объемом, будет добавляться к последней зоне, которая строится, независимо от типа ее ввода, т.е. даже если эта последняя зона была определена как константа. Если зоны строятся от верха, нижняя зона будут включать в себя всю остальную мощность и наоборот. Хорошей идеей может быть использование этой опции вместе с определением последней зоны как Rest, см. типы ввода, описанные в разделе Zone definition (Определение зон) (Make Zones).

Thickness (мощность) (Make Zones)

Расчет мощности зоны может быть сделан как True Stratigraphic Thickness (TST) (фактическая стратиграфическая мощность), True Vertical Thickness (TVT) (фактическая вертикальная мощность) или Along Pillars (вдоль пилларов):

- TST – мощность зоны, измеренная перпендикулярно верхнему и нижнему горизонту зоны.
- TVT – мощность зоны, как вертикальное расстояние между верхним и нижним горизонтом зоны.
- Along Pillars – мощность зоны вдоль пилларов. Эта процедура должна использоваться, когда пиллары вертикальные или близки к вертикальным, потому что этот расчет намного быстрее, по сравнению с расчетом TST и TVT.

Когда выбраны TVT или Along Pillar (вдоль пиллара), можно подключить опцию, названную Horizon with steep slopes (горизонты с крутыми уклонами). Алгоритм, используемый затем, может лучше обрабатывать крутопадающие горизонты, например, горизонты вокруг соляного купола.

Закладка Settings (установки) (Make Zones)

Окно Settings в диалоговом окне для этапа процесса Make Zones дает возможность выбирать другие опции и алгоритм, которые могут использоваться для создания зон.

Well Correction

Маркера могут быть использованы для корректировки новых горизонтов тремя способами.

- After each zone is generated, so the next zone is built from a well corrected previous horizon – выбор этой опции приводит к проведению корректировки каждой зоны по маркерам до построения следующей зоны.
- After all zones are built and the volume correction has been done if any – корректировка по скважинам будет сделана после того, как все зоны построены и после применения поправки на объемы.

- Both after each zone are generated and then also after all zones has been build and the volume correction has been done – эта опция будет корректировать зоны в 2 этапа. Для активации этого метода поставьте галочки напротив "After each zone" и "After all zones".

Well correction применяется только в том случае, если поправка на объемы в закладке Zones установлена в положение Proportional или Equal, а подгонка по скважинам не установлена в положение "None" в закладке Well Adjustment.

Помните, что операции корректировки по скважинам и поправки на объемы являются в некотором смысле конфликтующими, они перезаписывают результата друг друга. Поэтому на итоговый результат корректировки решающее значение будет иметь та операция, которая проводилась последней.

Существует опция, с помощью которой можно использовать установки по подгонке скважин, которые были сделаны в процессе Make Horizons. Если вы выберете эту опцию, то закладка Well Adjustment будет деактивирована.

Корректировка по скважинам и «согласованное» построение сетки

Маркера и диаграммы зон могут быть использованы для управления процессом построения зон. Это может быть полезным, если на некоторых скважинах отсутствуют маркера, например, из-за разломов или выклиниваний. Если вы применяете указанные установки, убедитесь, что Petrel воспринимает отсутствующие маркера именно как реально отсутствующие, а не как «непроинтерпретированные». Если диаграммы зон не существует, она будет автоматически создана во время работы процесса.

Conformable gridding (согласное построение грида) представляет интерес, только когда conformable выбран как Input type в закладке Zones. Выберите Across segments (через сегменты) или Inside segments only (только внутри сегментов). Другие алгоритмы для создания карт мощности включают в себя Moving average, Cos expansion и Euler interpolation. Подсказки в диалоговом окне объясняют различие между этими тремя алгоритмами.

Моделирование эрозии. Когда этап процесса Make Zones обрабатывает эрозию, вставленные зоны будут эродироваться по направлению к эродированному горизонту. Это означает, что поверхность эрозии будет восстанавливаться временно во время обработки, если выбирается эта опция. Допустимая эрозия может быть задана (в абсолютном значении Z). Если мощность между эродированным горизонтом и горизонтом ниже допустимой, она считается эродированной. Более высокое значение может помочь в поправке за эрозию в зонах, которые неправильно усечены. Опция может создать пиктограмму восстановленной изохоры.

Разница в результатах, когда опция erosion не отмечена и когда опция отмечена, показана на рисунке 2.

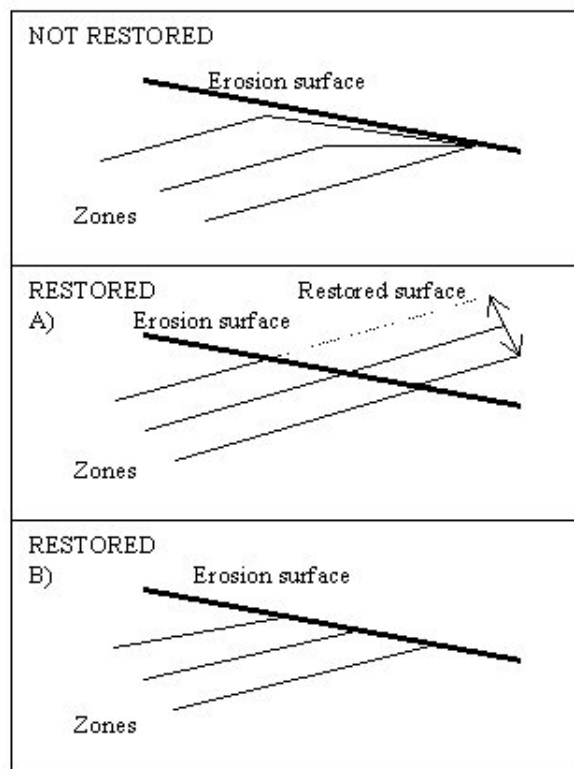


Рисунок 2. Разница в результатах, когда опция erosion не отмечена и когда опция отмечена

Use minimum cell thickness: С помощью этой опции вы можете задать стягивание слоев, имеющих маленькую толщину. Эта настройка может быть особенно полезной при настройках эрозии или несогласия, когда тонкие ячейки появляются в основном в областях несогласий. Все ячейки, толщина которых ниже устанавливаемого минимального значения, стягиваются и по-

мечаются как неопределенные. При использовании методов Proportional или Fractions должно также быть задано направление.

Other Settings: Здесь вам следует установить необходимое число итераций сглаживания. Если входные данные высокого качества, то можно установить значение 0. Если выбрана опция Iconize the temporary calculated objects, то некоторые важные промежуточные шаги могут быть сохранены и помещены в закладку Input окна Petrel Explorer.

- Unfaulted node position surface (Structural Grid) (Не нарушенная разломами поверхность с позицией узлов) (Структурный грид)
- Unfaulted node normals (Polygons) (Не нарушенные разломами нормали с узлами) (Полигоны)
- Unfaulted difference surface (Regular Grid) (Не нарушенные разломами разностные поверхности) (Регулярный грид)
- Unfaulted difference surface, adjusted for normals, (Regular Grid) (Не нарушенная разломами разностная поверхность, подогнанная к нормальям) – как поверхность выглядела бы, если бы не была нарушена разломами.

Isochore, adjusted for normals, (Regular Grid) (Изохора, подогнанная к нормальям) (Регулярный грид)

Закладка Well Adjustmenttab (Make Zones)

Корректировка скважин возможна, только когда маркеры были заданы как входные данные, и поле корректировки скважин не было отмечено в закладке Setting.

Корректировка скважин может быть выбрана как:

- None – Входные данные не будут подгоняться к точкам скважин.
- Across segments – Подгонка к точкам скважин выполняется через сегменты разлома.
- Inside segment only – Корректируется только сегмент, который пересекается скважиной, при этом не оказывается влияния на входные данные вкрест разломов.

- Use influence radius (Использовать радиус влияния). Эта опция может быть выбрана, если корректировка скважин была выбрана. Она задает, как далеко от скважины корректировка скважины будет влиять на создание зон. Однако, корректировка скважин будет подавлять радиус влияния.

Пример: Если радиус влияния больше чем расширение сегмента в одном направлении, и была выбрана опция *Inside segment only* (только внутри сегмента) как условие корректировки скважин, то граница сегмента будет ограничивать распространение корректировки скважин в стороны.

Если опция *Use Influence Radius* не выбрана с какой-либо опцией корректировки скважин, алгоритм для корректировки скважин может быть выбран.

Use Zone logs: Используйте данную опцию для предотвращения ситуации, связанной с пересечением горизонтов траекторий скважин между маркерами. Данная опция использует zonelog, сгенерированный из маркеров, для корректировки горизонтов. Если для некоторых скважин маркера отсутствуют, Petrel подразумевает, что их нет. Если маркера отсутствуют вследствие того, что они не проинтерпретированы, вам не следует использовать данную опцию.

Используйте опцию *Make Well Report* (подготовить отчет по скважине) для контроля качества до и после корректировки скважин. Поверхность невязок и набор точек могут быть выходными данными для проверки качества. *Replace Dip and Azimuth on Well Tops* будет обновлять соответствующие атрибуты в директории Well Tops.

Когда используются маркеры в Make Zones, соответствующий атрибут (время или глубина) будет использоваться в зависимости от того, будет ли горизонт в глубинном, или в во временном разрезе.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный на предыдущем занятии проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опас-

ное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

Активируйте процесс Make zones. В открывшемся окне нажмите кноп-ку



два раза, добавятся 4 строки. В первой строке добавьте в окошко Isohore из структурного каркаса H_J3_III1, в следующее окошко ниже TopJ3_III2 из Well tops2012, аналогично введите H_J3_III2 и Bot_J3_III.

Проверьте в 2D, 3D и на разрезах появившиеся в папке Horizons горизонты TopJ3_III2 и Bot_J3_III.

Зайдите в папку Zone 1 и проверьте статистику для H_J3_III1 и H_J3_III2. ПКМ Settings закладка Statistics.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать полученные в процессе работы данные структурного моделирования.

Контрольные вопросы

1. Какие настройки делаются в процессе Make Zones?
2. Как создать зоны?
3. Расскажите о закладке «построение от ...».
4. Откуда берутся данные для процесса Make Zones?
5. Расскажите про опцию erosion.

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

РАЗБИЕНИЕ НА СЛОИ

Цель работы. Познакомить студентов с процессом разбивки на слои.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенции ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. *Layering Process (Процесс разбивки на слои)*

Щелкнув дважды на Layering  в диаграмме Process, вы вызовете всплывающее диалоговое окно процесса Layering. Это диалоговое окно имеет только одну закладку. В принципе, оно работает так же, как диалоговые окна Make Horizon и Make Zones – таблица с зонами в рядах и установками для заданных зон в колонках.

How to build layers

1. Щелкните дважды на *Layering* в диаграмме Process. Всплывет диалоговое окно для *Layering*.
2. Диалоговое окно перечисляет зоны, созданные в процессах *Make Horizons* и *Make Zones*. Для каждой выбранной зоны выберите нужное разрешение и топологию разбивки на слои.
3. Убедитесь, что у вас есть и пересечение I и пересечение J, отображенные в графиках. Покажите крупным планом, чтобы увидеть весь вертикальный интервал.
4. Создайте внутреннюю разбивку на слои зон, щелкнув на ОК, и просмотрите результаты.

Horizons, Zones и Layering (горизонты, зоны и разбивку на слои) можно удалить, щелкнув правой кнопкой мыши на иконку 3D grid и выбрав одну из опций Remove (удалить).

Установки разбивки на слои

Имеется несколько опций для процесса создания подзон. Две основные опции включают в себя разрешение и тип разбивки на слои. Эти опции образуют колонки в таблице для процедуры Make Sub-zones.

Общие настройки (Layering)

Build Along: здесь выбирается то, как считается толщина (возможные опции – TST, TVT или Along Pillar (вдоль пилларов)). Смотрите всплывающие подсказки для получения большей информации. *Horizons with steep slopes* опция доступна только, если выбрано TST или TVT.

Use minimum cell thickness: С помощью этой опции вы можете задать стягивание слоев, имеющих маленькую толщину. Эта настройка может быть особенно полезной при настройках эрозии или несогласия, когда тонкие ячейки появляются в основном в областях несогласий. Все ячейки, толщина которых ниже устанавливаемого минимального значения стягиваются и помечаются как неопределенные. При использовании методов *Proportional* или *Fractions* должно также быть задано направление.

Name – название зоны.

Color – цвет зоны для визуализации.

Calculate – полезна, когда воссоздаются всего несколько выбранных зон.

Zone division – опции для того, как подразделить зону на слои ячейки. Разделение зон всегда выполняется вдоль пилларов в 3D гриде.

Proportional – постоянное число ячеек слоя у каждого пиллара грида. Разбиение слоев на ячейки будет до некоторой степени соответствовать как верху, так и низу зоны.

Follow top – разбиение слоев на ячейки параллельно кровли зоны.

Follow base – разбивка слоев на ячейки параллельно подошве зоны.

Fraction – разбиение на слои с контролируемой пользователем толщиной каждой ячейки слоя.

Label – число ячеек, толщина в ячейках или как ячейки разделены внутри зоны. Это зависит от того, что выбирается в опции *Zone division*.

Input – Разрешение либо толщины в ячейках, число слоев, либо кодировании разделения. Зависит от предыдущих выборов.

Reference Surface – ввод поверхности для контроля расположения слоев. Эта поверхность представляет ориентир в момент создания, и созданные

слои, следовательно, не будут иметь такой же наклон, как исходная поверхность.

Restore Eroded/Base – опция для поправки за эрозию.

Деление зоны

Разбивка на слои пропорционально

Разделяет зоны на заданное число слоев одинаковой толщины. Рисунок 3 показывает пять слоев.

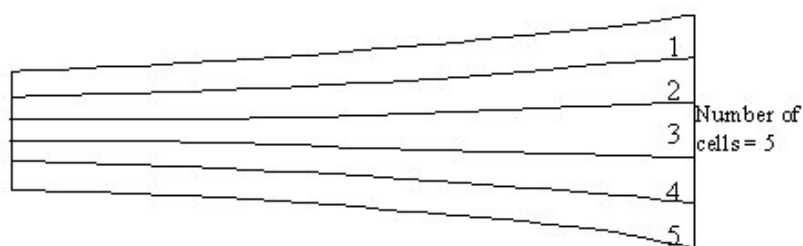


Рисунок 3. Разбивка на слои пропорционально

Разбивка на слои сверху вниз (повторяя верх зоны) (Follow top)

Разделяет зону на слои при постоянной контролируемой пользователем толщиной. Слои параллельны верху зоны. Рисунок 4 показывает пять слоев.

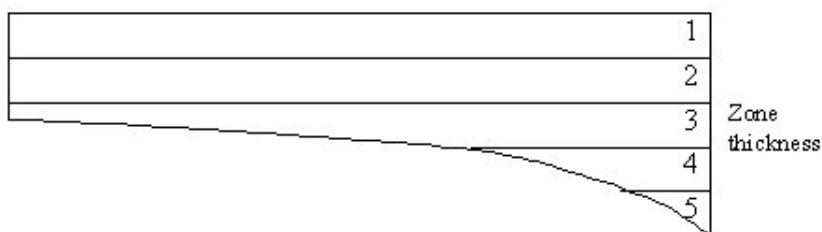


Рисунок 4. Разбивка на слои сверху вниз (Повторяя верх зоны)

Разбивка на слои снизу вверх (повторяя основание зоны) (Follow base)

Разделяет зону на слои с постоянной контролируемой пользователем толщиной. Слои параллельны основанию зоны. Рисунок 5 показывает 5 слоев.



Рисунок 5. Разбивка на слои снизу вверх (повторяя основание зоны)

Разбивка на слои с использованием фрагментов

Используя фрагменты, вы можете разделить каждую подзону пропорционально на более мелкие единицы. Картинка ниже показывает разделение на пять с кодированием деления 31122 (Сумма $3+1+1+2+2=9$). Это означает, что первая подзона разделена на $3/9$ мощности зоны, вторая и третья подзоны делятся на $1/9$ мощности зоны, четвертая и пятая – на $2/9$.

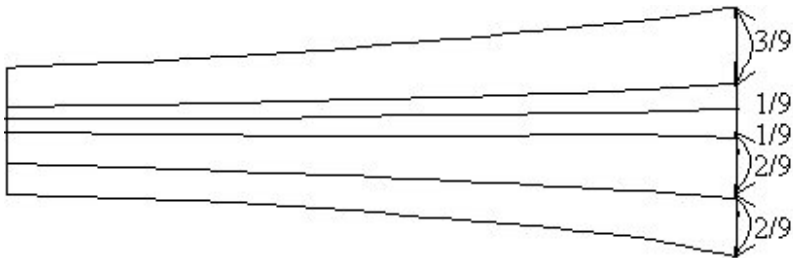


Рисунок 6. Разбивка на слои с использованием фрагментов

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный на предыдущем занятии проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (вы-

ключатель, красная кнопка, рубильник).

4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).

5. Не допускать порчи оборудования.

6. Не работать в верхней одежде.

7. Не прыгать, не бегать (не пылить).

8. Не шуметь.

Задания

Зайдите в папку Zone 1 в статистику для H_J3_III1 и H_J3_III2, запишите максимальную толщину пласта.

Активируйте процесс Layering. В открывшемся окне вставьте количество слоев для каждого пласта. Если вы поставите число максимальной толщины пласта, то самый большой слой будет 1 м. Можно поставить в два раза больше, тогда самый большой слой получится 0,5 м. ОК.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать полученные в процессе работы данные разбиения на слои.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужен процесс Layering?
2. Как работает закладка Use minimum cell thickness?
3. Что означает разбиение на слои Proportional?
4. Что означает разбиение на слои Follow top и Follow base?
5. Что означает разбиение на слои Fraction?
6. Как узнать на какое количество слоёв нужно разбивать интервал?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel

(«Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

ПЕРЕМАСШТАБИРОВАНИЕ КАРОТАЖНЫХ ДИАГРАММ

Цель работы. Познакомить студентов с принципами перемасштабирования каротажных диаграмм.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенции ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Когда моделируются петрофизические свойства, моделируемая область разделяется на ячейки путем создания 3D грида. Каждая ячейка грида имеет единственное значение для каждого свойства. Поскольку ячейки грида часто бывают намного крупнее, чем плотность значений для каротажных кривых, каротажные данные должны быть перемасштабированы, прежде чем они могут быть введены в грид. Этот процесс также называется объединением каротажных данных в блоки.

Пользователь может в некоторой степени контролировать, как выбираются значения грида, которые существуют в каротажной диаграмме. Перемасштабированное свойство будет иметь букву U после своего имени в директории Property.

Это свойство также используется для выборки атрибутов, связанных с маркерами, зонами или точечными объектами, в грид. Это один из способов импортировать данные в формате X, Y, Z, P1, P2 в 3D грид.

Принципы перемасштабирования каротажных диаграмм

При перемасштабировании каротажных данных Petrel сначала находит ячейки в 3D гриде, которые пересекаются скважиной. Для каждой ячейки грида все значения каротажных диаграмм, которые попадают в ячейку, усредняются согласно выбранному алгоритму для получения одного значения каротажных данных для этой ячейки.

Для дискретных каротажных диаграмм (например, диаграмм фаций или зон) рекомендуется метод усреднения Most of. Перемасштабированное значение будет соответствовать затем значению, которое наиболее часто встречается в каротажной диаграмме для этой конкретной ячейки.

Разбивка и разрешение 3D грида будет контролировать, сколько и какие ячейки пересечет каждая скважина. Схема разбивки на наклонные слои в сравнении с горизонтальной схемой может сильно изменить результаты перемасштабирования каротажных диаграмм и последующее моделирование свойств (рис. 7).

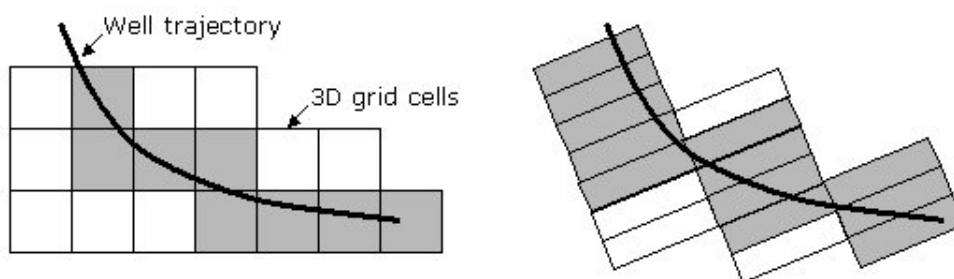


Рисунок 7. Схема разбивки на наклонные слои в сравнении с горизонтальной схемой

Результат перемасштабирования каротажных диаграмм помещается в виде пиктограммы модели свойств в директории Properties для 3D грида (рис. 8). Он содержит только значения для ячеек 3D грида, которые пересекаются скважиной. Все другие ячейки имеют неопределенное значение. Моделирование свойств затем используется для приписывания значений всем другим ячейкам грида на основании перемасштабированных каротажных диаграмм и дополнительных данных тренда.

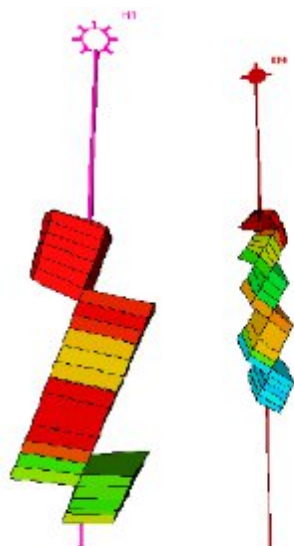


Рисунок 8. Результат перемасштабирования каротажных диаграмм

Диалоговое окно Scale up well logs

Перемасштабированные каротажные данные хранятся в гриде как свойства, причем только перемасштабированные ячейки имеют определенное значение.

Сначала пользователь должен выбрать, переписать ли существующее свойство в активном гриде, или же создать новое. Если существующее свойство переписывается, тогда установки, использованные для перемасштабирования этого свойства первоначально, по умолчанию будут в диалоговом окне. При включении *Show results in the well section window* (показать результаты в окне корреляции скважин) все каротажные диаграммы, использованные при перемасштабировании, и полученные в результате этого свойства будут отображены в новом окне корреляции скважин. Перемасштабированные свойства затем могут редактироваться интерактивно.

Пользователь затем может выбрать, использовать ли каротажные данные в качестве входных данных для перемасштабирования, или взять входные данные из атрибутов маркера или точек с атрибутами (рис. 9).

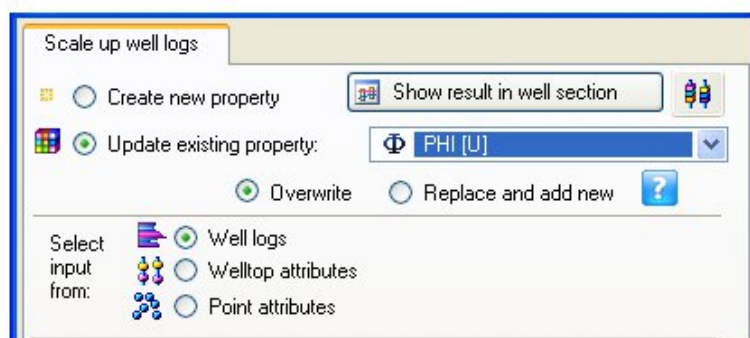


Рисунок 9. Диалоговое окно Scale up well logs

Перемасштабирование каротажных диаграмм

Для управления процессом перемасштабирования могут быть применены несколько установок.

- *Log as bias* – использует дискретное свойство для управления процессом перемасштабирования
- *Average method* – управляет алгоритмом, используемом в перемасштабировании
- *Treat log* – выбирает между линиями и точками в качестве входных данных
- *Method* – определяет, какие ячейки перемасштабировать
- *Use facies weighting* – вы можете задать веса для фаций
- *Minimum number of points in a cell* – вы можете задать минимальное число точек каротажа в ячейки, для того чтобы эта ячейка участвовала в перемасштабировании
- *Wells* – выбирает, какие скважины должны быть использованы в качестве входных данных в перемасштабировании

Log as bias

Эта опция используется, чтобы гарантировать соответствие перемасштабированных значений для петрофизического свойства свойству фации для одной и той же ячейки, т.е. если ячейка имеет русловые фации после перемасштабирования, она должна иметь пористость, соответствующую русловой фации в пределах этой ячейки.

Данная опция будет доступна, только если дискретная (фациальная) каротажная диаграмма была предварительно перемасштабирована.

1. Petrel затем проверит код фации в каждой ячейке, которая будет перемасштабироваться
2. Найдёт соответствующую каротажную диаграмму для этого фациального свойства
3. Сравнит диаграмму фации с каротажной диаграммой для свойства, которое будет перемасштабироваться
4. Отфильтрует значения свойства, соответствующие коду фации ячеек
5. Усреднит эти значения, чтобы получить значение для перемасштабированной ячейки.

Результаты показаны на рисунке 10. Первая колонка показывает свойство фации в гриде, вторая – диаграмму фации, третья – перемасштабирование без привязки, четвертая – перемасштабирование с привязкой. Вы можете видеть, что опция перемасштабирования без привязки даёт общее сглаживание значений свойства.

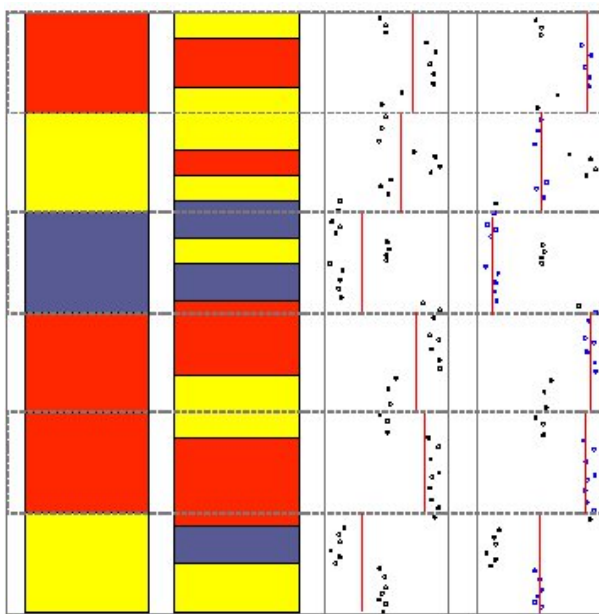


Рисунок 10. Пример использования опции Log as bias (диаграмма с привязкой)

Методы усреднения

На сегодня имеются следующие методы перемасштабирования каротажных диаграмм:

- *Arithmetic mean* (арифметическое среднее) – обычно используется для таких свойств как пористость, насыщенность и коэффициент песчаности, потому что это аддитивные величины.

- *Arithmetic mean weighted* (арифметическое средневзвешенное) – дает более корректное значение арифметического среднего, когда интервал между входными значениями непостоянен внутри результирующей ячейки. Этот алгоритм будет использоваться, когда опция арифметического среднего объединена с опцией *Treat log as lines* (обработать каротажную диаграмму как линии). Каждая выборка взвешивается в соответствии с расстоянием MD (измеренная глубина) внутри ячейки.

- *Harmonic mean* (Гармоническое среднее) – дает эффективную вертикальную проницаемость, если коллектор разбит на слои с постоянной проницаемостью в каждом слое. Гармоническое среднее хорошо «работает» с логнормальным распределением. Используется для проницаемости, так как чувствительно к низким значениям. Этот метод не используется для отрицательных значений.

- *Harmonic mean weighted* (Гармоническое средневзвешенное) – дает более корректное гармоническое среднее, когда входные значения находятся на разных расстояниях друг от друга в пределах результирующей ячейки. Этот алгоритм используется, когда гармоническое среднее объединяется с опцией *Treat log as lines* (обработать каротажную диаграмму как линии).

- *Geometric mean* (Геометрическое среднее) – обычно является хорошей оценкой для проницаемости, если она не имеет пространственной корреляции и логнормально распределена. Геометрическое среднее чувствительно к низким значениям, которые сильно влияют на результат. Этот метод не работает для отрицательных значений.

- *Geometric mean weighted* (геометрическое средневзвешенное) – дает более корректное геометрическое среднее, когда входные значения находятся на разных расстояниях друг от друга в пределах результирующей ячейки.

Этот алгоритм используется, когда среднее геометрическое объединено с опцией *Treat log as lines* (обработать каротажную диаграмму как линии).

- *RMS (Root Mean Squared) (среднеквадратическое)* – обеспечивает сильное смещение в сторону высоких значений.

- *Most of* – выбирает дискретное значение, наиболее часто встречающееся в каротажной диаграмме в пределах конкретной ячейки.

- *Facies Weighted* – аналогично опции *Most of*, но разные фации будут умножаться на их весовой коэффициент перед оценкой. Весовой коэффициент дан в закладке взвешивания.

- *Median* – сортирует входные значения и выбирает центральное значение, например, если имеется 7 входных значений, они сортируются по абсолютной величине и затем выбирается то, что стоит под четвертым номером.

- *Minimum* – выбирает минимальное значение.

- *Maximum* – выбирает максимальное значение.

- *Mid Point Pick* – значение выбирается из точки соответствующей середине длины участка скважины внутри ячейки. Это, по сути, случайный выбор и такое распределение лучше задавать для исходных данных.

- *Random Pick* – значение выбирается из случайной точки ячейки. Данная опция позволяет избегать тенденции сглаживания, присущей другим методам, и вследствие этого желательно использовать его в качестве исходных данных каротажа.

Взвешенные опции выделяются выбором соответствующих установок и выбором опции *Treat log as lines*. Опции *Most of* и *Median* доступны только для дискретных диаграмм.

Для геометрических и гармонических средних величин могут использоваться только измерения со значениями больше нуля.

Treat log (обработка каротажных диаграмм)

Опция обработки каротажных диаграмм как точечных или линейных данных.

As points (как точки): все значения в пределах каждой ячейки используются для усреднения (без взвешивания). Если в ячейке нет точек, ячейка будет неопределенной.

As lines (как линии): каждое значение взвешивается с помощью коэффициента, пропорционального его расстоянию до другого значения. Значения за пределами ячейки будут учитываться, если средняя точка между ним и значением внутри (или на другой стороне ячейки) находится в пределах ячейки. Каждое значение приобретает вес с помощью формулы, указанной ниже. Если расстояние между значениями постоянно, то 'as lines' будет фактически идентично 'as points'.

Рисунок 11 показывает часть скважины, проходящей через ячейку. Изображены пять значений каротажной диаграммы.

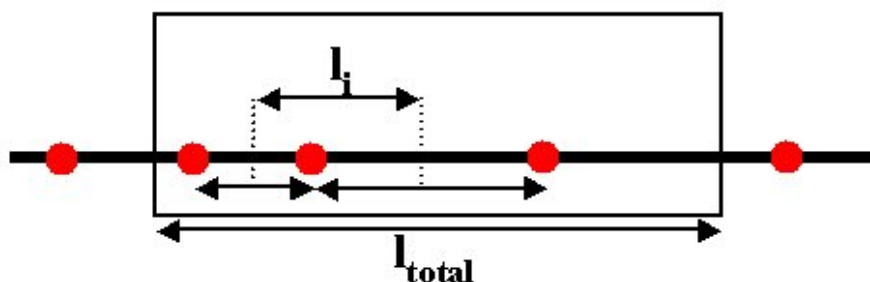


Рисунок 11. Часть скважины, проходящей через ячейку

На картинке выше l_i – это часть длины трассы скважины, которую определяет значение каротажной диаграммы каждой точки. Общая длина ячейки равна l_{total} .

Значение V_i , каждой вовлеченной точки тогда равно:

$$V_i = n_i \frac{l_i}{l_{total}},$$

где n_i – это значение каротажной диаграммы точки, а N – это суммарное число точек. Результирующее значение ячейки затем рассчитывается с использованием значений каждой вовлеченной точки и выбранного метода усреднения.

Метод (Scale up well logs)(перемасштабирование каротажных диаграмм)

Определяет, как ячейки грида, которые пересекает скважина, выбираются:

Simple (простой) – все ячейки, через которые проходит (или просто касается) траектория скважины.

Through cell (через ячейку) – ячейке будет присвоено значение только если траектория скважины проходит через две ее противоположные стенки (верхнюю и нижнюю – противоположные боковые стенки).

Neighbor cell (соседняя ячейка) – эта опция усредняет средние значения каротажной диаграммы из ячеек, непосредственно прилегающих к перемасштабируемой ячейке и принадлежащих к тому же самому слою, что и перемасштабируемая ячейка. Поэтому, если имеется три смежных ячейки вдоль траектории скважины, которые относятся к одному и тому же слою, первая получит среднее значение каротажных диаграмм из ячеек 1 и 2, вторая – из ячеек 1, 2 и 3, третья из каротажных диаграмм в пределах ячеек 2 и 3.

Minimum number of points in cell (минимальное число точек в ячейке)

Эта опция позволяет задавать минимальное число значений каротажных диаграмм в ячейке, чтобы перемасштабировать ее. Например, если минимальное значение было 3, а ячейка имеет только одно значение каротажной диаграммы, то эта ячейка не перемасштабируется. Это позволяет избежать риска определения отдельным атипичным значением значения ячейки (которое может затем быть использовано в петрофизическом моделировании для определения всей области).

Wells (Scale up well logs) (скважины (перемасштабировать каротажные диаграммы))

Выберите, какие скважины должны использоваться в качестве входных данных для перемасштабирования. Используйте кнопки None и All для изменения выбора всех скважин.

How to scale up well logs (как перемасштабировать каротажные диаграммы)

1. Убедитесь, что грид, в который каротажные диаграммы должны быть перемасштабированы, активен.
2. Дважды щелкните на пиктограмму *Scale up Well Logs*  в Process diagram, чтобы открыть диалоговое окно процесса.
3. В закладке Scale up well logs выберите опцию Create new property (создать новое свойство).
4. Выберите скважины, для перемасштабирования каротажных диаграмм. По умолчанию это будут все скважины.
5. Выберите каротажную диаграмму, которую будете использовать. Ниспадающее меню покажет название каротажных диаграмм, имеющихся после импортирования скважин.
6. Выберите установки перемасштабирования в Scale up settings.
7. Щелкните на ОК.

Новое свойство будет добавлено снизу к списку свойств для активного грида. Оно будет иметь те же самые имя и шаблон, как и маркеры, от которых оно было перемасштабировано. Чтобы изменить это, откройте окно установок свойств (property's settings) и измените имя или шаблон в закладке info.

Контроль качества и 3D визуализация

Прежде чем выполнять петрофизическое моделирование, необходимо проверить качество перемасштабированных каротажных диаграмм. Существует несколько способов проверки соответствия набора перемасштабированных каротажных данных набору, который нужен пользователю.

Возможно, наиболее подходящим способом проверки перемасштабирования будет отображение свойства в окне корреляции скважин вместе с исходной каротажной диаграммой. Перемасштабированное свойство можно редактировать прямо в окне корреляции, при этом любые обновления автоматически передаются в модель свойств.

Свойство нельзя редактировать интерактивно, когда оно отображено в групповой панели. Сделайте копию свойства за пределами групповой панели для редактирования его, когда отображаете групповую панель (рис. 12).

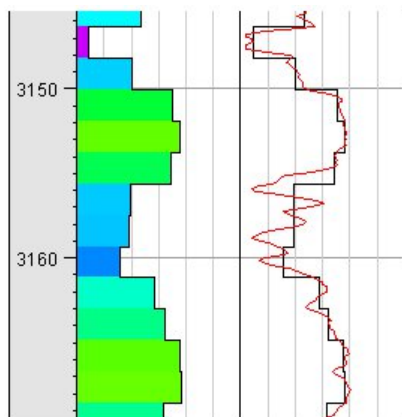


Рисунок 12. Свойство, отображенное в окне корреляции скважин вместе с групповой панелью свойства и исходной каротажной диаграммой

Как проверить статистику перемасштабированных каротажных диаграмм

После перемасштабирования проверьте, как входные данные из каротажных диаграмм согласуются с результатом перемасштабирования. Диапазон и статистику данных можно найти в закладке Statistics свойства. Более подходящий способ проанализировать статистику – это гистограмма.

1. Откройте окно Settings для свойства, щелкнув дважды на пиктограмму, и выберите закладку Statistics.
2. Просмотрите разные статистические параметры. Обратите внимание, статистические данные даны для необработанной каротажной диаграммы, перемасштабированных ячеек и полной 3D модели этого свойства (которая эквивалентна перемасштабированной каротажной диаграмме, если петрофизическое моделирование еще не выполнялось).
3. Выберите закладку Histogram, чтобы создать гистограмму необработанной каротажной диаграммы, перемасштабированных каротажных диаграмм и распределение в модели свойства. Опять-таки, значения в пределах модели свойства будут равны значениям в перемасштабированных скважинах, пока не выполнено петрофизическое моделирование.

Статистические параметры перемасштабированных каротажных диаграмм.

Как настроить таблицу цветов по диапазону данных

1. Выделите свойство в закладке Models в Petrel Explorer.
2. Щелкните на пиктограмму *Adjust color Table on Selected*  в панели Menu.

Или

1. Откройте окно Settings для свойства и выберите закладку Color.
2. Щелкните на кнопки *Min and Max*, чтобы проверить, что все цвета используются.

Как отобразить линии грида на перемасштабированных каротажных диаграммах

1. Отобразите свойство. Убедитесь, что у вас активизирован один из процессов в Property Modeling.
2. Щелкните на *Show/hide grid lines*  в (строке функций).

Или

1. Откройте окно Settings для директории Properties
2. Выберите закладку *Style* и выберите Show Grid (показать грид).

Два ствола скважин в пределах одной ячейки

В том случае, когда ячейка пересекается двумя стволами скважин, Petrel проводит перемасштабирование следующим образом:

1. Для непрерывных данных будет определено алгебраическое среднее значение по ячейке. Следовательно, ячейка, пересекаемая несколькими стволами, будет также осреднена.
2. Для данных дискретного типа (например, для фаций), будет назначено наиболее часто встречающееся по ячейкам значение, не взирая на то, как много скважин пересекают данную ячейку.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный на предыдущем занятии проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

Активируйте Scale up well logs в папке Property modeling в закладке Processes.

В открывшемся окне, в окошке Select выберите литологию Lito_for_model, нажмите ОК.

Зайдите в Settings для Lito_for_model, которая появилась в папке Properties в 3D grid. Откройте закладку Histogram и посмотрите гистограммы отдельно для каждой зоны. Исходные данные и перемасштабированные должны мало отличаться. Если это не так, попробуйте перемасштабировать с разными настройками.

Откройте Well Section 1 и включите Lito_for_model в папке Properties. Настройте визуализацию, чтобы все слои были хорошо видны – увеличьте

масштаб. Проверьте каждую скважину. Возможно, вы увидите, что слои получились слишком тонкие или слишком толстые, тогда вернитесь на этап разбиения на слои. Если в какой-то скважине в перемасштабированной кривой исчез коллектор или неколлектор, добавьте его вручную при помощи инструмента  в правой части окна. Включив этот инструмент и нажав ПКМ можно выбрать литологию коллектор или неколлектор.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать полученные в процессе работы данные перемасштабирования каротажных диаграмм.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужен процесс перемасштабирования каротажных диаграмм?
2. Принцип перемасштабирования каротажных диаграмм?
3. Для чего используется опция Log as bias?
4. Какие используются методы усреднения?
5. Какая разница в перемасштабировании как точки и как линии?
6. Как определить качество перемасштабирования визуально?
7. Как определить качество перемасштабирования по статистике?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

АНАЛИЗ ДАННЫХ ЛИТОЛОГИИ

Цель работы. Познакомить студентов с процессом Data analysis, научиться производить анализ данных литологии.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенции ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Доступ к процессу Data Analysis может быть получен из диаграммы процессов (Process Diagram), этот процесс позволяет выполнять детальный анализ свойств. В зависимости от того, является ли свойство дискретным (например, фация), или непрерывным (например, пористость, проницаемость), разные инструменты будут доступны в окне процесса Data Analysis.

- *Discrete property (дискретное свойство)*, вы можете анализировать пропорцию фации, толщину фации, калибровку между непрерывными свойствами (например, перемасштабированные сейсмические данные) и фации в пределах каждой зоны, а также создать вариограмму. Установки, заданные для дискретных свойств в процессе Data Analysis, будут сохранены для текущего свойства, и будут доступны напрямую во время моделирования фаций.

- *Continuous property (непрерывное свойство)*, пользователь может совершать преобразования данных и создавать вариограммы в главном, второстепенном и вертикальном направлениях. Преобразование данных позволяет сделать данные стационарными и стандартно нормально распределенными, что является требованием многих стандартных геостатистических алгоритмов. Пространственные тренды будут извлечены из данных до моделирования свойств, чтобы обеспечить стационарность, и вновь применены к уже смоделированному свойству, и таким образом учтены. Необнаруженные тренды могут привести к некорректной интерполяции данных во время моделирования свойств.

Этот процесс требует использования модуля *Data Analysis Process*.

Общие установки для Data Analysis

Data Analysis обычно должен выполняться отдельно по каждой фации и каждой зоне, чтобы не смешивать статистику. Поэтому пользователь должен сначала определить свойство и зону, которые он будет анализировать. Если вы выбрали непрерывное свойство, вам также будет предложен выбор сделать анализ данных по каждой фации. При анализе дискретных свойств вы имеете возможность сделать привязку к существующей дискретной 3D модели (рис. 13).

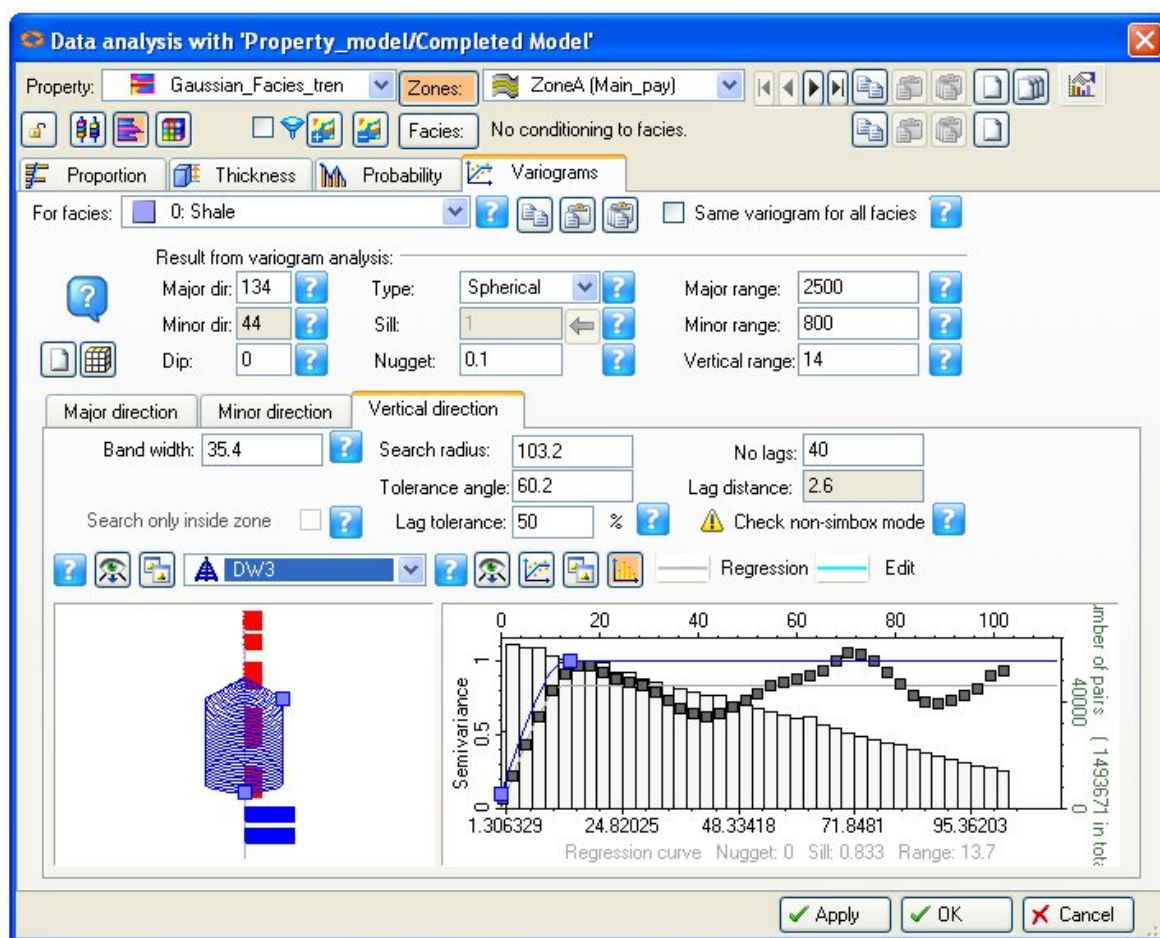


Рисунок 13. Диалоговое окно Data Analysis

В рамках основных установок в закладке Data Analysis пользователь должен также выбрать, будет ли анализ выполняться на:

- upscaled logs (перемасштабированных каротажных диаграммах),
- raw logs (необработанных каротажных диаграммах),
- 3D property (3D свойстве).

Анализ данных обычно производится на перемасштабированных каротажных диаграммах. Впрочем, необработанные каротажные диаграммы могут использоваться, если имеется слишком мало перемасштабированных ячеек. Они также могут пригодиться для инспектирования необработанных данных с целью контроля качества процесса перемасштабирования каротажных диаграмм. Использование всего 3D свойства позволяет выполнить контроль качества смоделированных свойств, а также провести анализ сейсмических данных.

Может быть применен фильтр, такой как фильтр сегмента, или фильтр значения. Он становится доступным после переключения пиктограммы фильтра . Обратите внимание, что при использовании этого фильтра все активные фильтры будут применены. Поэтому, вы можете фильтровать по сегментам/значениям/зонам. Если вы оставите установки неизменными (блокированными), нужно отменить выбор пиктограммы, чтобы можно было изменять установки в какой-либо из закладок. Цель заключается в сохранении всех установок в этом процессе в состоянии по умолчанию.

 *Move between zone setting panels (перемещение между панелями установок зоны)* – показывает установки для первой зоны, предыдущей зоны, следующей зоны и последней зоны, соответственно.

 *Copy settings from the selected zone(s) (копировать установки выбранных зон)* – это действие будет копировать все установки, определенные для выбранной зоны.

 *Paste settings for selected zone(s) (применить установки для выбранных зон)* – доступна только после использования опции copy, щелкните на закладку другой зоны и затем на эту пиктограмму. Установки скопированной зоны будут присвоены выбранной в данный момент зоне.

 *Paste settings to all zones (применить установки ко всем зонам)* – доступна только после использования опции copy. Установки скопированной зоны будут применены ко всем другим зонам

 *Reset settings of the selected zone to default* (сбросить установки выбранной зоны до значений по умолчанию) – все другие установки зоны будут сброшены до значений по умолчанию. Аналогичная пиктограмма будет доступна в каждом подменю, что позволяет сброс до установок по умолчанию выбранных установок.

 *Reset settings of all zones to default* – Эта пиктограмма выполнит сброс всех других установок для всех других зон в проекте.

 *Leave settings unchanged* – переключайте эту пиктограмму для получения доступа к каждой выбранной зоне.

 *Use Filter* – все активные фильтры будут применены к заданной зоне.

Дискретные свойства

Дискретные свойства – это целочисленные свойства, такие как фации, где значения распадаются на группы (либо песок, либо глина, и т.д.) в отличие от непрерывных свойств, в которых десятичные значения возможны (например, пористость).

Data Analysis для дискретных свойств чаще всего выполняется на свойствах фаций, но может, конечно, выполняться на любом типе дискретных данных.

Анализ может быть выполнен на всех зонах, на каждой зоне отдельно, или с использованием любой комбинации зон, или даже областей с высокой/низкой проницаемостью/пористостью, и т.д., других областей проекта, и т.д. Анализ может быть также осуществлен с привязкой к существующему фациальному свойству.

Имеется четыре закладки в диалоговом окне анализа дискретного свойства:

- Закладка *Proportion* – анализирует распределение фаций вертикально по модели, редактирует его для использования в *Facies Modeling*.

- Закладка *Thickness* – анализирует распределение по толщине тел фаций.

- Закладка *Probability* – сопоставляет фации с непрерывным свойством (например, перемасштабированный сейсмический атрибут) и определяет вероятность корреляции. Эта функция широко используется для калибровки сейсмике относительно фаций. Она может преобразовывать куб сейсмического атрибута в куб вероятности фаций, готовых к использованию в *Facies Modeling* (Sequential Indicator Simulation).

- Закладка *Variogram* – создает дискретную вариограмму для описания распределения фации.

Закладка Proportion (Data Analysis)

Эта закладка позволяет оценить и интерактивно редактировать кривые, которые описывают вертикальное распределение разных фаций на основании слоев модели. Кривые вертикальной вероятности могут впоследствии использоваться для контроля вертикального распределения кодов фации в процессе *Facies Modeling*.

Закладка состоит из двух окон данных:

- Пропорции фаций отображаются в левом окне. Это окно отображает пропорции фаций в одной зоне или во всех зонах в зависимости от выбора, который вы сделали в общих установках. Это так называемый геолого-статистический разрез (ГСР). Над этим окном есть таблица с фациями, и пользователь может выбрать, какие фации отображать в окне пропорции фаций. По умолчанию выбираются все фации. Вы можете выбрать отобразить пропорцию в процентах (%) или числом элементов (N).

- Правое окно отображает гистограмму для выбранной фации и кривые вероятности для всех фаций, которые могут редактироваться. Порядок фаций будет меняться автоматически так, чтобы распределение выбранной фации могло бы сопоставляться с ее гистограммой

Выберите фации для отображения в каждом окне из поля списка.

Установки для Proportion (Data Analysis)

По умолчанию доля каждой фации будет одинаковой, но они могут редактироваться перетаскиванием контрольных точек. Кроме этого:

-  создает постоянное распределение, равное средней вероятности для этой фации.
-  создает аппроксимацию прямолинейным трендом фактического распределения фаций.
-  создает распределение, равное фактическому распределению фаций.
-  переключает между применением вышеописанных изменений ко всем распределениям (в нажатом состоянии) или только к активной кривой.

•  блокирует активную кривую таким образом, чтобы применение распределения «ко всем распределениям» не влияло на заблокированные фации.

-  сглаживает распределение.
-  восстанавливает распределения до применения последнего действия.

Можно также перемещать данные в окнах, почти так же как в окне карт (map window) в Petrel:

- Двигать содержимое окна; держите левую кнопку мыши и двигайте мышью.
- Чтобы увеличить масштаб изображения в окнах; используйте левую кнопку мыши и клавиши Ctrl+Shift.
-  делает видимыми все данные и обеспечивает заполнение окна данными.
-  копирует окно в буфер обмена.

Как редактировать кривую вероятности (Data Analysis)

1. Чтобы отредактировать кривую вероятности, выбранная фация должна быть активизирована в таблице над окном вероятности.
2. Выберите кривую фации для редактирования в списке фаций.

3. Щелкните на точки, определяющие кривую, и передвигайте их вверх или вниз, чтобы изменить вероятность. Использование Shift позволит редактировать несколько точек за один раз.

4. Пользователь имеет опцию для подгонки кривой вероятности к кривой линейной регрессии, до исходной гистограммы или постоянного среднего значения.

5. Сумма вероятностей равна 1. Следовательно, редактируя кривую вероятности для активной фации, вы будете пропорционально изменять другие кривые вероятности фаций (вероятность фаций всегда равна 1).

6. Когда вы сделали редактирование на выбранной кривой вероятности фации, у вас имеется опция заморозить ее. Если кривая заморожена, она не будет изменяться, когда другие кривые вероятности фаций изменяются.

7. После определения кривых вероятности установки должны быть применены. Если вы работаете с зонами отдельно, вы применяете установки ко всем зонам в одно и то же время, когда применено нажатие.

8. Кривые вероятности фаций будут использоваться в моделировании фаций.

Variogram Analysis (Анализ вариограммы) (Data Analysis)

Анализ вариограммы в процессе *Data Analysis* выполняется в закладке *Variograms*.

Свойство, зона и фации, которые должны анализироваться, а также тип данных (каротажные диаграммы, перемасштабированные ячейки или свойство), могут быть выбраны как для непрерывных свойств.

Закладка *Variograms* разделена на два сектора (рис. 14):

- *Result of variogram analysis (результат анализа вариограммы)*: (верхний сектор) содержит все параметры, описывающие вариограмму.

- *Major direction, Minor direction и Vertical direction* (закладки Главное направление, Второстепенное направление и Вертикальное направление): по-

казывает установки поиска для анализа вариограммы, карту местоположения точек выборки и график вариограммы.

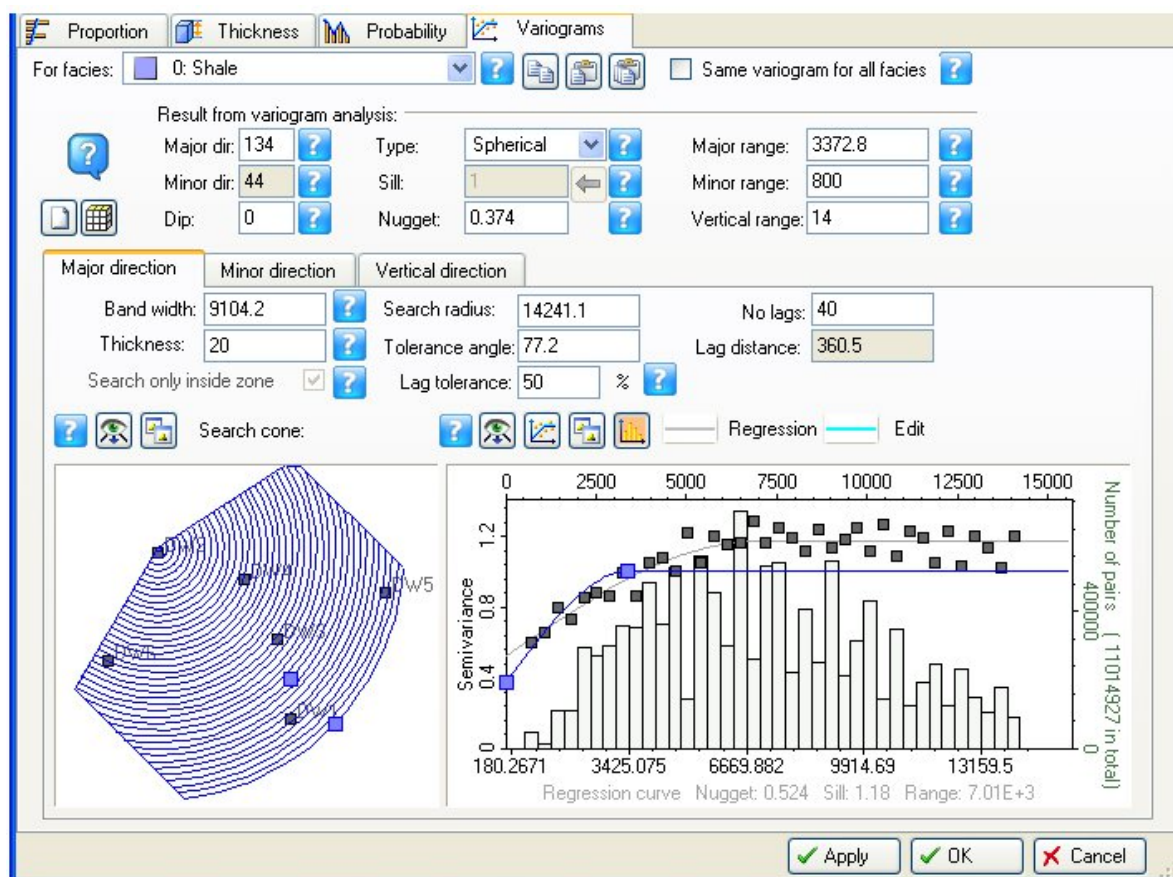


Рисунок 14. Закладка Variograms

Результаты анализа

Переключатель Simbox view включается и выключается с использованием *Simbox Toggle* . По умолчанию Simbox view включен, это рекомендуется для горизонтального анализа, так как гарантирует, что будут сопоставляться только элементы из эквивалентных геологических слоев.

Сбросьте установки до значений по умолчанию, используя .

Ориентация главной оси может быть введена вручную или задана интерактивно через карту местоположения в закладах главного и второстепенного направления. Угол наклона главной оси вводится вручную (второстепенная ось проведена под углом 90° к главной оси).

Тип вариограммы должен быть выбран здесь. Опции включают в себя:

- Exponential (экспоненциальная)
- Spherical (сферическая)

- Gaussian (гауссовская)

Диаграмму, показывающую форму этих вариограмм, можно найти во всплывающей подсказке слева в поле списка.

Nugget (наггет) и Range (ранг) в каждом направлении могут вводиться вручную, или задаваться интерактивно через окно вариограммы в каждой закладке направления.

Закладки Direction (Variogram Analysis)

Каждая закладка разделена на три сектора. Верхний сектор задает установки поиска для выборки. Нижний слева сектор имеет окно, отображающее карту точек данных, нижнее справа показывает значения и вариограмму.

Каждая из установок может вводиться вручную. *Lag Distance* автоматически определяется из радиуса поиска и числа лагов. Дополнительная установка, *Thickness*, включена, чтобы дать возможность пользователю вертикально ограничить данные, учитываемые в вариограмме.

Также *Band Width*, *Search Radius* и *Tolerance Angle* (ширина полосы, радиус поиска и допустимый угол) могут редактироваться интерактивно через карту местоположения.

Радиус поиска должен быть больше ожидаемого ранга в модели вариограммы.

Location Map (Variogram Analysis)

Карта местоположения (Location map) показывает местоположения и рамки поиска для направления текущей вариограммы. Zooming и Panning возможны через щелчок на карте почти так же, как для стандартного окна карт в Petrel (щелкните для панорамирования на Ctrl + Shift + щелчок для увеличения). Рамки поиска будут оставаться статическими, позволяя согласовывать критерии поиска с точками вокруг области проекта.

Нажмите на , чтобы все данные были отображены в окне.

Нажмите на , чтобы скопировать карту в буфер обмена.

Установки поиска можно изменить, щелкнув на синие контрольные точки на раме поиска. Точка, наиболее удаленная от точки выборки (заострен-

ный конец) контролирует радиус поиска *Search Radius*, центральная точка позволяет редактировать ориентацию вариограммы (рис. 15) (направления Major и Minor) и самая дальняя в глубине точка позволяет редактировать Bandwidth и Tolerance Angle.

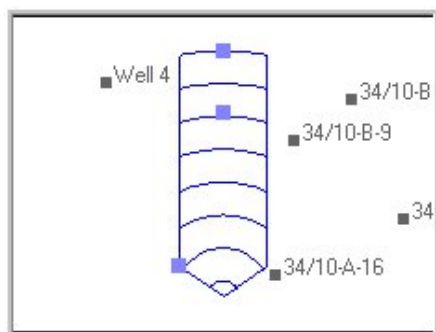


Рисунок 15. Вариограмма

В вертикальном направлении каротажная диаграмма отображается с рамкой поиска вместо карты местоположения по понятным причинам. Скважина на дисплее может быть выбрана из ниспадающего списка, а операции Zoomed и Panned почти такие же, как и для карты местоположения. Единственное отличие состоит в том, что в связи с тем, что вертикальная вариограмма всегда вертикальная, нет контрольной точки для изменения направления вариограммы.

График вариограммы (Variogram Plot) (Variogram Analysis)

График вариограммы имеет четыре элемента:

- *Histogram* (гистограмма) – показывает число экспериментальных пар на каждом расстоянии поиска (*Lag*).
- *Sample Variogram* (экспериментальная вариограмма) – серые точки, показывающие полудисперсию на каждом расстоянии поиска (*Lag*).
- *Regression curve* (кривая регрессии) – модель вариограммы наилучшей подгонки для *Sample Variogram* (серая кривая).
- *Variogram model* – модель текущей вариограммы (синяя кривая).

Range (ранг) и Nugget (наггет) для модели вариограммы могут редактироваться интерактивно с помощью перетаскивания и перемещения синих контрольных точек.

Плато (sill) для вариограммы зафиксировано на 1. Если плато отличается от 1, могут потребоваться дополнительные преобразования, прежде чем продолжать анализ вариограммы.

Другие инструменты:

-  Переключает включение/выключение гистограммы.
-  Подгоняет модель вариограммы к наилучшему соответствию.
-  Копирует вариограмму в буфер обмена.
-  Масштабирует все данные для подгонки к окну.

Как создать вариограмму, основанную на дискретных данных

1. Выделите фацию, для которой вы хотите создать вариограмму.
2. Отредактируйте установки вариограммы интерактивно или вручную (установки те же самые, как и для вариограммы непрерывного свойства).
3. Для фации каждая пара вариограмм имеет вес, равный 0 или 1, в зависимости от того, равна ли головная фация выбранной фации или нет.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный в предыдущем уроке проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).

5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

Активируйте процесс Data analysis.

В открывшемся окне, выберите зону Н_ІЗ_ІІІ1, выберите закладку Proportion и нажмите кнопку  нажмите Apply.

Зайдите во вкладку Variograms в открывшемся окне, выберите в окошке For facies литологию коллектора и, используя настройки, подберите наиболее подходящую вариограмму. Постарайтесь, чтобы наибольшее число точек легло на график. При этом имейте ввиду, что наиболее важны первые несколько точек. Эти данные оказывают максимальное влияние на распределение свойств.

Зайдите во вкладки Minor direction и Vertical direction, подберите соответствующую вариограмму.

Запишите себе получившиеся в итоге Major range, Minor range, Vertical range, Major dir. Эти параметры вариограммы мы будем использовать для моделирования коллектора.

Повторите этот этап для второй зоны.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать полученные в процессе работы вариограммы.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужен анализ данных литологии?
2. Что такое геолого-статистический разрез (ГСР)?
3. Что такое вариограмма?
4. Какие встречаются типы вариограмм?
5. Что такое Nugget (наггет) вариограммы?

6. Что такое Range (ранг) вариограммы?
7. Какие точки вариограммы наиболее важны?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЦИЙ

Цель работы. Познакомить студентов со стохастическим и детерминистическим моделированием фаций, с последовательным индикаторным моделированием.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. *Моделирование фаций.*

Facies modeling (моделирование фаций) – это средство распределения дискретных фаций по гриду модели. Обычно у пользователя есть каротажные диаграммы с дискретными свойствами, перемасштабированные в грид модели, и, возможно, тренды, определенные в пределах пласта путем анализа данных в процессе Data Analysis. Является ли свойство дискретным, или нет, определено шаблоном свойства. Этап процесса Facies Modeling включает в себя два вида моделирования стохастическое детерминистское.

Стохастический

- *Object Modeling (моделирование объектов)* позволяет наполнять модель дискретных фаций разнообразными телами различной геометрии, кодом фаций и фракциями.

- *Sequential Indicator (последовательный индикатор)* – позволяет выполнить стохастическое распределение свойства с использованием заранее определенной гистограммы. Задающие направление установки, такие как вариограмма и пространственные тренды, также учитываются.

- *Truncated Gaussian Simulation* – это быстрая техника моделирования дискретных свойств, когда известно, что фации последовательны и вариограммы, определенные для каждой, одинаковы. Обычно используется в карбонатных средах. Метод основан на пикселях, следовательно, он легко работает с большим количеством входных данных, определяемых общим соотношением и трендами.

- *Truncated Gaussian with trends* заменил алгоритм Facies Transition Simulation в Petrel 2007.1. Truncated Gaussian with trends позволяет выполнять стохастическое распределение фаций на основе заданного перехода между фациями, и направлениями тренда. Эти тренды преобразуются в вероятности, и моделирование запускается с использованием стандартной техники truncated Gaussian, позволяющей задать общую долю каждой фации. Форма и направление тренда задаются интерактивно в диалоговом окне. Также задаются ранги вариограммы.

Детерминистический

- *Indicator Kriging (индикаторный кригинг)* – обеспечивает дискретное распределение свойства, с учетом предопределенной гистограммы.

- *Assign values (присудить значения)* – дает четыре опции для выбора: Undefined (неопределенное), Constant (постоянное), Other Property (другое свойство) и Surface (поверхность). Для каждой из них пользователь может оставлять или переписывать исходные значения перемасштабированных каротажных диаграмм.

- *Neural Net (нейронные сети)* используют модель, сделанную в процессе Train Estimation для задания дискретных свойств.

- *User defined algorithm (определенный пользователем алгоритм)* – позволяет пользователю экспортировать файлы (ASCII) из Petrel в стандартном Geo-EAS формате. Пользователь может использовать эту информацию для выполнения предпочтительных алгоритмов за пределами Petrel и импортировать результаты в Petrel, когда моделирование закончено.

Interactive

- Позволяет пользователю раскрасить фации прямо в модели в 3D.

Получаемые в результате фации могут использоваться в качестве условий для *Petrophysical Modeling (петрофизического моделирования)*.

Обратите внимание, что свойства могут быть скопированы из одного грида в другой (если они того же самого размера). Выберите свойство, которое надо копировать, нажмите на пиктограмму *Copy item*  (копировать

пункт) (или Ctrl + C), и затем выберите директорию свойства другого грида, перед тем как щелкнуть на пиктограмму *Paste item*  (вставить пункт) (или Ctrl + V).

Моделирование фаций, общие установки

Все операции для распространения свойств фаций по гриду управляются из диалогового окна *facies modeling* (рис. 16). Это диалоговое окно включает в себя две закладки:

- *Modeling Settings (установки моделирования)* – диалог ввода для процессов моделирования фаций.
- *Edit Hints* – дает подсказки по использованию инструментов интерактивного редактирования фаций.



Рисунок 16. Диалоговое окно *facies modeling*

Сверху в закладке *Modeling Settings* находятся базовые установки для моделирования фаций.

- *Use existing property (использовать существующее свойство)* – позволяет выбрать между моделированием на существующем свойстве с перемасштабированными ячейками (по умолчанию), или созданием нового свойства без использования перемасштабированных ячеек в качестве входных данных.

- *Existing Property (существующее свойство)* – выбирает свойство, на котором должно выполняться моделирование. Если свойство имеет перемасштабированные ячейки, они будут использоваться в качестве входных данных в моделировании, только дискретные свойства будут перечисляться здесь. Текстовое окно состояния затем скажет, перемасштабированы выбранные фации или нет.

-  *Show Color Table (Показать таблицу цветов)* – открывает таблицу цветов в окне Settings для активного свойства.
-  *Show Discrete Statistics (Показать дискретную статистику)* – открывает таблицу с дискретной статистикой в окне Settings для активного свойства.
-  *Show Data Analysis (показать анализ данных)* – открывает диалоговое окно процесса анализа данных для текущего свойства.
- *Common settings (общие установки)* – открывает диалоговое окно для общих установок для моделирования фаций.
- *Zone settings (установки зоны)* – это основное диалоговое окно ввода для моделирования фаций в Petrel.
-  *Show property Filter (показать фильтр свойств)* – выводит фильтр свойств для активного грида. Этот фильтр не будет использоваться для моделирования, пока не будет включен в диалоговом окне общих установок.
- *Seed* – выберите начальное число датчика случайных чисел (seed) для всех стохастических алгоритмов, используемых в моделировании. После активации начального числа датчика случайных чисел все зоны, используемые в стохастическом моделировании, получают нерегулярные отклонения.

Установки, выбранные в этой закладке, относятся ко всем зонам в модели. Кнопка Reset  вернет все установки в исходное состояние по умолчанию в общей закладке.

Когда отмечается опция Use filter, все фильтры, активные в закладке Filter окна Settings (в директории Property), будут учитываться, также как фильтры зоны и сегмента. Особенно тщательно проверьте, активны ли те зоны и сегменты, что нужно.

Опция *Ensure that all cells get a value (убедитесь, что все ячейки получили значение)* находит любые ячейки, которые не определены в пределах модели, и дает им среднее значение, определенное по значениям в окружающих ячейках.

Пользователь может задать число реализаций через эту закладку, используя *Number of Realizations*. С помощью множественных реализаций *Retrel*, используя те же самые входные параметры, генерирует распределение несколько раз. Дополнительные распределения добавляются как дополнительные свойства.

Число реализаций, которые должны быть выполнены, может быть задано через эту закладку и пользователь также имеет опцию переписать предыдущий набор реализаций. И, наконец, пользователь может выбрать, как обращаться с неизмененными зонами в новых моделях свойств, копировать ли их из исходного свойства или оставить их как неопределенные.

Zone Settings (установки зоны)

Щелчок на кнопку *Zone* переключает между использованием тех же самых установок для всех зон и описанием установок для каждой зоны отдельно. Именно здесь пользователь выбирает, какой алгоритм использовать при моделировании. Пользователь также может выбрать установку *As for the zone above* (как для зоны выше), которая позаимствует установки, определенные для зоны выше. Пользователь может определить, моделировать/интерполировать ли эту зону отдельно или вместе с зоной выше.

Можно моделировать фации с привязкой к другой фациальной модели. Откройте закладку *Facies* и выберите между уже существующими фациальными моделями.

Имеется много полезных пиктограмм в диалоговом окне установок:

-  *Copy settings from the selected zone (копировать установки из выбранной зоны)* – это действие копирует все установки, определенные для выбранной зоны.
-  *Paste settings to the selected zone (применить установки к выбранной зоне)* – имеется только после использования опции копировать. Щелкните на закладку другой зоны, и затем щелкните на эту пиктограмму. Установки скопированной зоны будут применены к выбранной в данный момент зоне.

-  *Paste settings to all zones (применить установки ко всем зонам)* – имеется только после использования опции копировать. Установки скопированной зоны будут применены ко всем остальным зонам.
-  *Reset settings of the selected zone to default (вернуть установки выбранной зоны к значениям по умолчанию)* – сбросит все другие установки зоны до значений по умолчанию. Аналогичная пиктограмма имеется в каждом подменю.
-  *Reset settings of all zones to default (сбросить установки всех зон до значений по умолчанию)* – вернет в исходное состояние все установки для всех зон в проекте.
-  *Leave zone unchanged (оставить зону неизменной)* – блокирует зону для моделирования. Используйте эту опцию на всех зонах, на которых вы не хотите работать, чтобы выполнить моделирование быстро. Одновременно нажимая Shift и кликая на эту кнопку, можно заблокировать/разблокировать все зоны одновременно.
-  *Use the Variograms made in the data analysis (Использовать вариограмму, сделанную в анализе данных)* – выдает вариограммы, определенные в процессе Data Analysis для использования с алгоритмами Sequential Indicator, Truncated Gaussian и Indicator Kriging.
-  *Use the Attribute Probability Curves made in the data analysis (использовать кривые вероятности анализа данных)* – выдает кривые вероятности, определенные в процессе Data Analysis для использования с алгоритмом Sequential Indicator и Truncated Gaussian.
-  *Use the Vertical Proportion Curves made in the data analysis (использовать вертикальное распределение анализа данных)* – выдает кривую вертикального распределения, определенную в процессе Data Analysis для использования с алгоритмами Sequential Indicator, Truncated Gaussian и Object Modeling. При использовании Object Modeling эта установка может быть опреде-

лена для каждого набора объектов индивидуально и, следовательно, может быть найдена в закладке трендов, после того как объект вставлен.

Как моделировать фации

1. Дважды щелкните на этап процесса Facies Modeling в диаграмме процессов (Process Diagram), чтобы открыть диалоговое окно процесса.
2. Выберите дискретное свойство, на котором будете моделировать.
3. Определите общие установки.
4. Для каждой зоны выберите, какой алгоритм использовать.
5. В зависимости от выбора алгоритма выберите, использовать ли вариограммы, кривые вероятности, и/или функции толщины (если таковые есть), созданные в процессе Data Analysis, для каждой зоны.
6. Определите разные переменные моделирования.
7. Щелкните на ОК.

Sequential Indicator Simulation (последовательное индикаторное моделирование)

Последовательное индикаторное моделирование – это метод стохастического моделирования фаций, в котором результат зависит от:

- Перемасштабированных данных каротажа
- Определённой вариограммы
- Случайного начального числа
- Частотного распределения перемасштабированных исходных данных, или
- Трендов 1,2 или 3D

Нажатие кнопок *Variogram* (вариограмма) , *3D Probability trend* (3D тренд вероятности)  и *Vertical Trend* (вертикальный тренд)  позволяет устанавливать эти параметры из процесса Data Analysis.

Метод наиболее подходит для использования в случае, когда форма тел конкретной фации неопределенная, или где пользователь имеет ряд трендов, которые будут контролировать тип фаций, например, когда используется сей-

смический атрибут для контроля вероятности появления какой-то определенной фации.

Это стохастический метод, поэтому если начальное число не зафиксировать, то последующие реализации могут быть другими.

Petrel использует алгоритм GSLIB для выполнения этого моделирования (рис. 17).

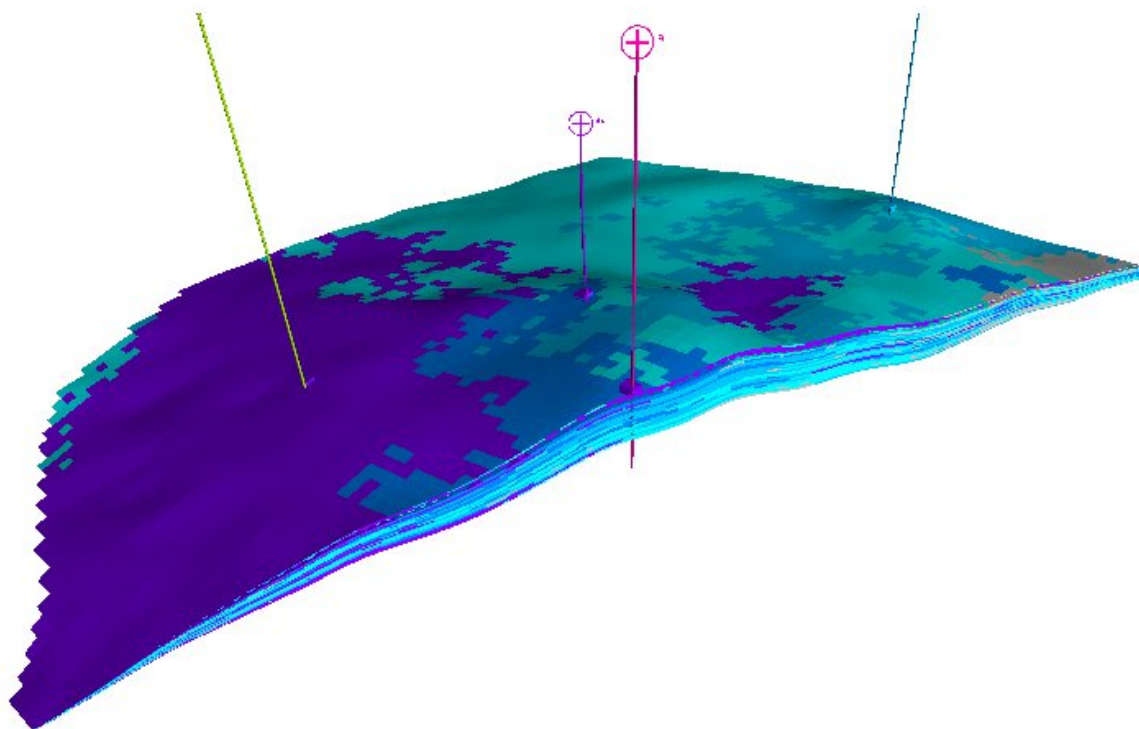


Рисунок 17. Модель фаций, построенная с использованием Sequential Indicator Simulation.

Закладка Facies (Facies modeling – моделирование фаций)

Эта закладка перечисляет фации, которые должны быть включены в моделирование. По умолчанию она будет включать в себя все фации, присутствующие в перемасштабированных ячейках, в их долях относительно общего числа перемасштабированных ячеек (т.е. если половина перемасштабированных ячеек это песок, доля песка будет 50%).

Выбор фаций для моделирования осуществляется с помощью шаблона фаций. Порядок фаций не важен для результата моделирования. Список слева содержит все фации, которые находятся в шаблоне, в списке справа находятся фации для моделирования. Чтобы добавить фацию в правый список ис-

пользуйте голубую стрелку →. Фации могут быть возвращены в левую часть списка (исключены из моделирования) используя ←.

Строки/фации могут быть добавлены с использованием пиктограмм Add new facies  (добавить новые фации) и удалены с помощью Remove last facies  (удалить последнюю фацию) из окна настроек (Colors tab) шаблона фаций. Новые строки, которые добавляются, будут ссылаться на дискретные каротажные данные, определенные в шаблоне для используемого свойства.

Вариограммы, доли и тренды могут быть заданы для каждой фации отдельно.

-  *Copy selected facies settings* (копировать установки выделенной фации) – копирует все установки, определенные для этой конкретной фации.
-  *Paste facies* (вставить установки скопированной фации) – имеется только после выбора опции copy. Применяет установки скопированной фации к другой фации. Щелкните на закладку другой фации и затем щелкните на эту опцию.
-  *Reset settings of the selected facies to defaults* (сбросить установки выделенной фации до значений по умолчанию) – сбрасывает все другие установки фации по умолчанию.

• Опция использует одинаковые вариограммы для всех типов фаций, что делает работу алгоритма более быстрой. Эта опция выставлена по умолчанию для фаций, которые ранее не моделировались. Если пользователь меняет вариограмму, вариограмма меняется для всех фаций. Если отключить эту опцию, вариограмма будет меняться только для одной фации.

Подзакладка Variogram (Facies modeling – моделирование фаций)

Пользователь может определить настройки вариограммы, такие как тип вариограммы (экспоненциальная, сферическая, гауссовская), range (ранг) и nugget (наггет).

Более подробно вариограмма и ее установки описаны в разделе Principle of variograms (принцип вариограммы).

Чтобы использовать установки вариограммы, определенные в Data Analysis, нажмите на кнопку Use the variograms made in the data analysis . При использовании установок вариограммы из Data Analysis опции в этой закладке будут выделены серым цветом. Любые изменения должны выполняться через процесс Data Analysis.

Направленные тренды в пределах пласта (анизотропия) определяются следующими установками (расстояние в истинных единицах):

- *Major range (ранг главного направления)* – максимальная длина корреляции в горизонтальном направлении.
- *Minor range (ранг второстепенного направления)* – длина корреляции в направлении перпендикулярном главному.
- *Vertical range (вертикальный ранг)* – вертикальная длина корреляции. Контролирует количество «размытости». Чем больше расстояние, тем больше «вертикальная размытость». Вертикальный ранг никогда не пересечет другую зону.
- *Azimuth (азимут)* – угол поворота ранга в главном направлении. Направление по часовой стрелке с севера.
- *Dip (угол падения)* – падение (от вертикали) вертикального ранга. Если вертикальный ранг намного меньше, чем горизонтальный, любое отклонение от нуля будет иметь заметный эффект.

Посмотрите на изменение изображения, при изменении Orientation и Ratio.

Если ранги главного и второстепенного направлений равны (Isotropic), изменение азимута не будет иметь эффекта.

Нажатие на  сбросит установки в закладке по умолчанию.

Закладка Fraction (Facies modeling – моделирование фаций)

Когда используется Indicator Kriging, здесь будет доступна только Global fraction. Чтобы вставить 1, 2 или 3D тренды, вы должны использовать Sequential Indicator Simulation.

 Reset to default settings (установить настройки по умолчанию) – задает код фации на неопределенный. Закладки установок для фракций будут недоступны/неизменяемы, если пользователь нажал на кнопку для использования вертикальных функций, определенных в процессе Data Analysis (исключая 2D тренд, если выбран ГСР).

- *Trust fraction or Trends* (Следовать долям или трендам) – по умолчанию суммарная доля масштабируется к 100% и максимальная вероятность также масштабируется к 100%. Выбрав данную опцию, вы отмените эту установку, несмотря на то, что масштабирование должно быть сделано, если эти значения превышают 100%. То же самое относится к трендам. Тренды находятся в пределах от 0 (0%) до 1 (100%).

- *Global fraction (доля фаций)* – доля этой фации в перемасштабированных каротажных данных (рис. 18). Пользователь может вручную изменить объемную долю для каждой фации. Значения по умолчанию пропорциональны фациям в перемасштабированных каротажных данных.

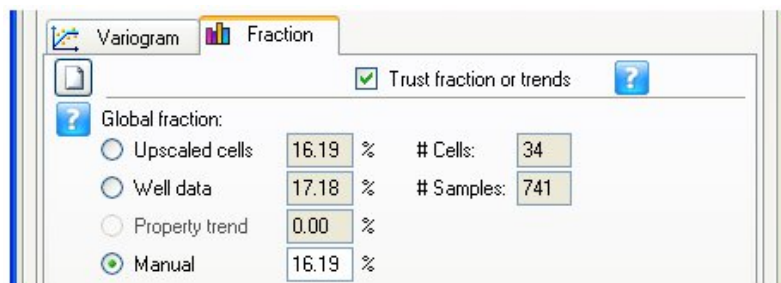


Рисунок 18. Окно Global fraction

- *Probability given by a property (вероятность, заданная свойством)* - вероятность фации может быть задана 3D свойством (рис. 19). Это свойство должно быть нормализовано и иметь значение между 0 и 1. Доля фаций будет игнорироваться при использовании этой опции.

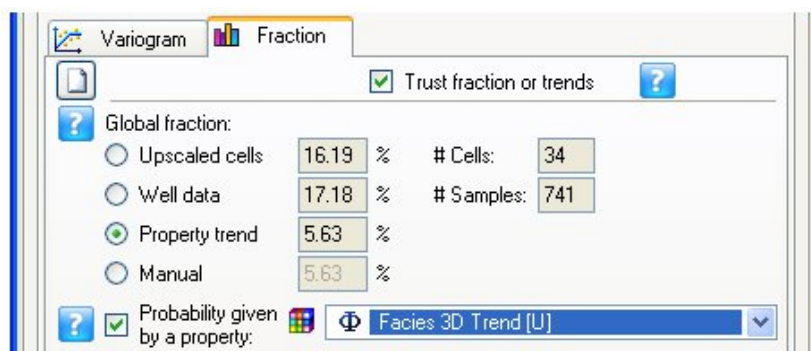


Рисунок 19. Окно Probability given by a property

• *Probability given 1D and 2D trends* (вероятность, заданная 1D и 2D трендами) (рис. 20).

• *Horizontal probability trends* (горизонтальные вероятностные тренды) – вероятность присутствия фаций определяется 2D поверхностью.

• *Vertical probability trends* (вертикальные вероятностные тренды) – вероятность присутствия фаций определяется функцией. Значения должны лежать в пределах от 0 до 1. Функции записываются в Petrel Explorer. 0 на оси X означает подошву зоны, а 1 – кровлю зоны.

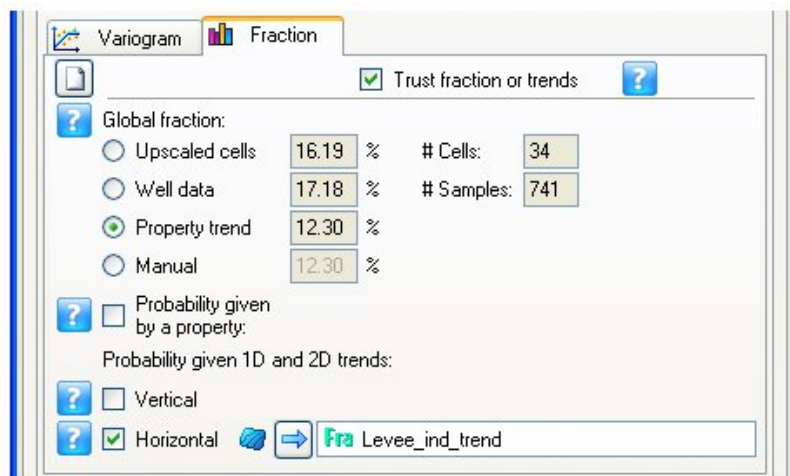


Рисунок 20. Окно Probability given 1D and 2D trends

Закладка Settings (Stochastic facies modeling – стохастическое моделирование фаций)

Здесь определяется случайное начальное число. Начальное число требуется только для Sequential indicator simulation, и поэтому эта закладка отсутствует, когда используется Indicator kriging. Если при повторном моделировании вы воспользуетесь тем же начальным числом, результаты будут одина-

ковыми. Если вы решили не определять начальное число (убрали метку с поля), Petrel будет создавать случайным образом новое начальное число каждый раз, когда выполняется моделирование, и результаты моделирования будут разными каждый раз.

Возможно сглаживать результат моделирования, выбрав опцию Smooth Result. Grid фаций будет сглажен, используя весовую функцию. Чем больше весовая функция, тем больше степень сглаживания. Importance Factor лежит в пределах между 1 и 5, характеризует степень важности ячейки, при максимальном значении фактора перемасштабированная ячейка меняться не будет.

Закладка Expert (Facies modeling – моделирование фаций)

Установки параметра, контролирующие алгоритм GSLIB. Для более подробной информации см. руководство к GSLIB: GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide, 2nd Edition, 1998 by Clayton V. Deutsch, André G. Journel.

Закладка Hint (Stochastic facies modeling and Indicator kriging – стохастическое моделирование фаций и Indicator kriging)

Содержит общие сведения относительно Sequential Indicator Simulation или Indicator kriging (Interpolation).

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный в предыдущей работе проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего

(преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).

4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).

5. Не допускать порчи оборудования.

6. Не работать в верхней одежде.

7. Не прыгать, не бегать (не пылить).

8. Не шуметь.

Задания

1. Активируйте процесс Facies modeling.

В открывшемся окне, выберите зону H_J3_III1, выберите метод Sequential indicator simulation, выберите закладку Facies. В ней стрелкой переместите в правое окошко фации коллектора и неколлектора, зачерните мышью фации коллектора. Поставьте галочку напротив Same variogram for all facies, в закладке Variogram вбейте в окошки параметры полученные в анализе данных.

В закладке 2D trend поставьте галочку Use 2D и поместите стрелкой в окошко карту тренда коллектора trend_J3_III1.

В окошке ниже Scale the trends so maximum probability is поставьте 0.95.

Включите кнопку  (Use the vertical proportion curves made in the data analysis.), выберите зону H_J3_III2 и сделайте для нее все описанные выше настройки, ОК.

После того как машина посчитает, проверьте построенные фации в разрезах, проверьте гистограмму статистики.

Выгрузите карты по кровле коллектора, для этого поставьте мышь на Lito_for_model ПКМ Settings, закладка Operations, раскройте Make map from property, выберите Make reservoir top maps (for each zone) и поставьте Facies code -1 (коллектор), Run, ОК.

В закладке Input внизу появится новая папка reservoir top maps for Lito_for_model_HOR_F1, в которой будет две наши карты по коллектору.

Проверьте, что в предполагаемом вами неколлекторе не содержится коллектор и наоборот.

2. Если вам нужно подправить литологию, это можно сделать вручную. Включите литологию в 2D окне. Поставьте мышь на процесс Facies modeling.

Включите кнопку , она позволит двигаться по слоям модели вверх



вниз при помощи группы кнопок , далее вы сможете вручную менять

литологию в ячейках модели при помощи группы кнопок  и .

Добейтесь приемлемого вида выгружаемых структурных карт.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать полученные в процессе работы данные моделирования литологии.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужен процесс моделирования фаций?
2. Назовите два вида моделирования.
3. Назовите методы стохастического моделирования.
4. Назовите методы детерминистического моделирования.
5. Что такое Seed?
6. Как моделировать фации?
7. Как проверить качество модели визуально?
8. Как проверить качество модели по статистике?
9. Какие существуют инструменты для коррекции модели вручную?

10. Как получить несколько вариантов модели?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

КОНТАКТЫ МЕЖДУ ФЛЮИДАМИ

Цель работы. Познакомить студентов с диалоговым окном создания контактов, с входными данными, которые нужны для создания контактов.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. *Диалоговое окно создания контактов*

После построения 3D сетки Petrel и перед расчетом объема следует определить различные контакты в процессе *Make Contacts* . Если Вы не хотите использовать какой-либо контакт для расчета объема, Вы можете перейти непосредственно на этап процесса Volume Calculation.

Можно определить несколько наборов контактов, и каждый набор контактов может содержать множество различных типов контактов. Все наборы контакта будут сохранены в папке *Fluid Contacts*  в закладке модели Petrel Explorer. Эта папка создана после того, как пользователь определил набор контактов и нажал «применить/ ОК».

Могут быть определены различные типы контактов, такие как газ / нефть, нефть / вода, кровля нефти и т.д., и каждому из определенных контактов можно присвоить соответствующее название.

Набор контактов может быть создан на основе постоянного значения глубины или поверхности. Если поверхность используется как входные данные для контакта, она должна существовать в Petrel Explorer. Любой тип поверхности можно использовать как входные данные.

Пользователь также имеет возможность использовать тот же самый контакт для всех зон и сегментов, различные контакты для каждого сегмента и/или различные контакты для каждой зоны.

Контакты можно скопировать из электронной таблицы контактов в Excel, отредактировать и вставить на место.

Как создать новую группу контактов

1. Откройте диалоговое окно процесса *Make Contacts*

2. Имеется стандартная настройка с двумя предопределенными контактами: нефть/газ (Oil/Gas) и нефть/вода (Oil/Water).

3. Выберите вид контакта в ниспадающем меню (рис. 21).

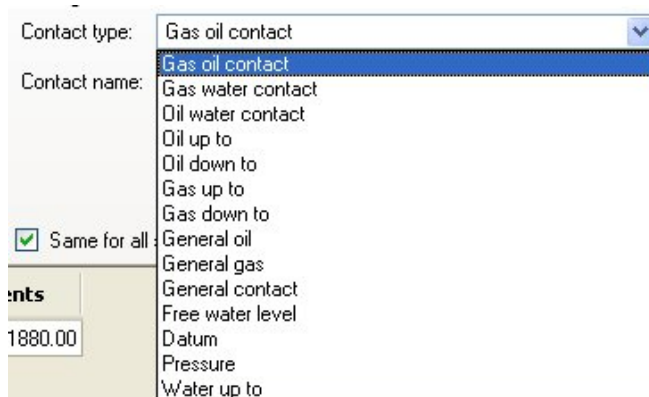


Рисунок 21. Ниспадающее меню окна процесса Make Contacts

4. Измените название выбранного контакта, если необходимо.

5. Если ваш контакт различается в каждой зоне модели, отключите метку с пункта *Same for all zones*.

6. Если ваш контакт необходимо точно определить для каждого сегмента, отключите метку с пункта *Same for all segments*.

7. Впечатайте Z-значение для выбранного контакта (помните, что Petrel использует отрицательные Z-значения для глубин ниже уровня моря). Если флаговая кнопка переключена, поверхность необходимо задать, выбрав поверхность в Petrel Explorer и щелкнув по синей стрелке.

8. Щелкните по ОК, и в закладке Model Petrel Explorer под сегментным фильтром появится папка *Fluid Contacts*  с новым набором контактов (рис. 22).

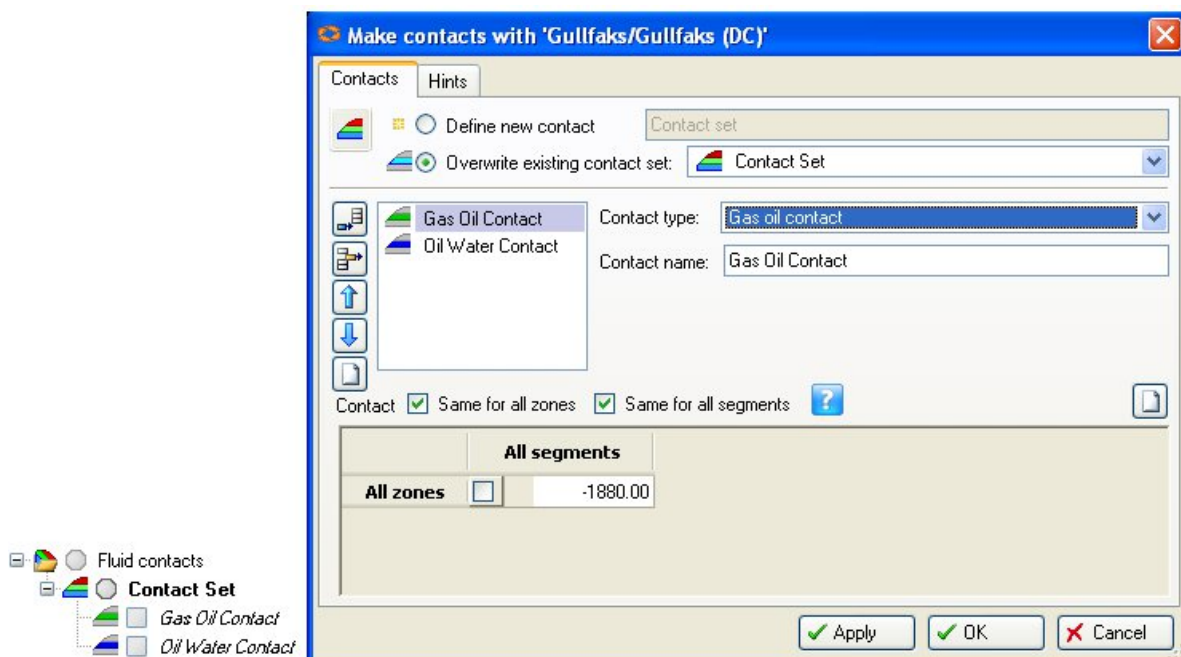


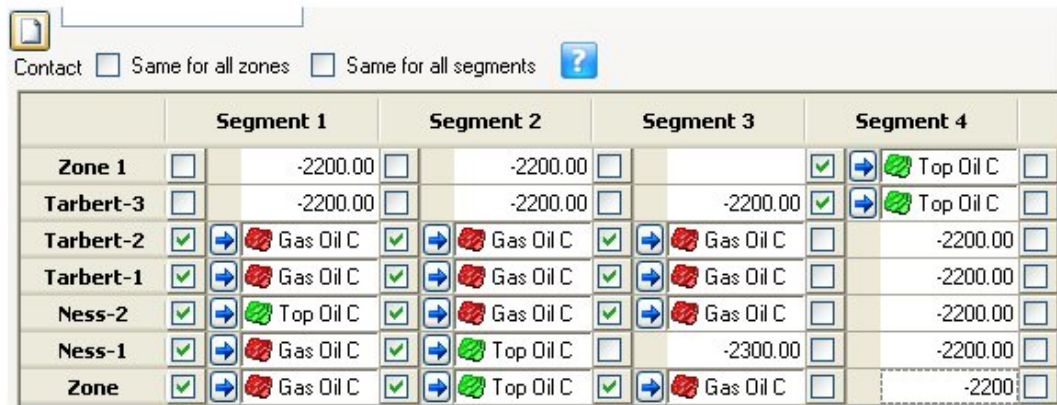
Рисунок 22. Папка Fluid Contacts

Входные данные для контактов

Пользователь может использовать различные контакты для каждой зоны и сегмента. Чтобы использовать различные контакты для каждой зоны и/или сегмента, снимите метку с пункта Same for all zones и/или Same for all segments. Затем появится входная таблица, куда пользователь может внести контакты в виде постоянного значения глубины или поверхности (рис. 23). Если должна будет использоваться поверхность, необходимо ее заранее определить, и она должна существовать в Petrel Explorer.

Чтобы использовать постоянное значение для определения контакта, просто впечатайте значение в ячейку в таблице.

Чтобы использовать поверхность, сначала поставьте метку в начале строки. На экране высветится синяя стрелка, позволяющая пользователю вставить поверхность: выберите поверхность в Petrel Explorer и затем щелкните по синей стрелке, чтобы вставить ее в таблицу.



☐ Contact ☐ Same for all zones ☐ Same for all segments ?

	Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 4
Zone 1	☐ -2200.00	☐ -2200.00	☒	☒ Top Oil C
Tarbert-3	☐ -2200.00	☐ -2200.00	☒	☒ Top Oil C
Tarbert-2	☒ Gas Oil C	☒ Gas Oil C	☒ Gas Oil C	☐ -2200.00
Tarbert-1	☒ Gas Oil C	☒ Gas Oil C	☒ Gas Oil C	☐ -2200.00
Ness-2	☒ Top Oil C	☒ Gas Oil C	☒ Gas Oil C	☐ -2200.00
Ness-1	☒ Gas Oil C	☒ Top Oil C	☐ -2300.00	☐ -2200.00
Zone	☒ Gas Oil C	☒ Top Oil C	☒ Gas Oil C	☐ -2200.00

Рисунок 23. Входная таблица данных для контактов

Примечание: если нажать на Zone (зона), или верхнюю ячейку Segment (сегмент), или название в таблице, весь ряд или колонка (соответственно) будет заполнена первым появившимся значением в этом ряду или колонке.

Как обновлять / дополнять / удалять существующую контактную группу

1. Откройте диалог процесса Make Contacts .
2. Выберите контакт, который вы хотите модифицировать, из списка или используйте иконку Add new contact , чтобы добавить новый общий контакт.
3. Выберите этот общий контакт и определите его тип в ниспадающем меню.
4. Если ваш контакт необходимо точно определить для каждой зоны модели, снимите отметку с пункта Same for all zones.
5. Если ваш контакт необходимо точно определить для каждого сегмента, снимите отметку с пункта Same for all segments.
6. В таблице модифицируйте Z-значение выбранного контакта. Если флаговая кнопка включена, новую поверхность необходимо вводить, выбрав поверхность в Petrel Explorer и щелкнув по синей стрелке.
7. Щелкните по ОК, и в модельной закладке ниже сегментного фильтра появится новый набор контактов.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный в предыдущей работе проект, исходные данные о контактах между флюидами.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

В петреле имеется возможность задавать контакт просто числом. Однако часто в Вашей модели может быть несколько залежей с разными уровнями контакта. В этом случае нужно сначала построить карту контакта, а затем подать ее в процесс создания контакта.

1. Включите литологию в 2D окне карты кровли коллектора `top_pron_I3_III1`. Получите контур ВНК на отметке -3236. Нам известно, что притоки нефти были получены только в скважине 6. В скважинах 16, 228, 234

получены притоки воды. Следовательно, залежь нефти будет только в залежи скважины 6.

Обведите эту залежь полигоном с небольшим отступом от ВНК. Назовите полигон Ar_J3_III1_3236.

Зайдите в статистику карты top_pron_J3_III1 и выясните максимальное значение, например -3220. Запишите его себе.

Сделайте копию карты Top_J3_III1 из структурного каркаса. На этой карте ПКМ Settings, во вкладке Info переименуйте ее в VNK_J3_III1. Зайдите во вкладку Calculation, активируете «A=», введите значение -3220, нажмите Z=A, ОК.

ПКМ Calculator в открывшемся окне, подведите мышь к кнопке Use filter и зайдите в Set change the filter.

В открывшемся окне зайдите во вкладку Misc settings 1, активируйте Apply inside и стрелкой поместите полигон Ar_J3_III1_3236.

Включите кнопку Use filter.

В строке калькулятора введите выражение $VNK_J3_III1 = -3236$, ENTER, закройте калькулятор. Включите карту VNK_J3_III1, на ней должна быть основная область со значением -3220 и область, ограниченная полигоном Ar_J3_III1_3236 со значением -3236.

2. Сделайте тоже для пласта J3_III2. В этом пласте нефтенасыщенное поднятие только в районе скважин 9, 236, 8, 234, ВНК= -3251м. Обведите его полигоном Ar_J3_III2_3251. И создайте карту ВНК с именем VNK_J3_III2.

3. Активируйте процесс Make contacts в папке Structural modeling закладки процессов.

В открывшемся окне, оставьте только Oil water contact. Проверьте, галки Same for all zones выключена, Same for all segments включена



Введите стрелками Ваши карты контакта

4. Активируйте процесс Geometrical modeling в папке Property modeling

В открывшемся окне Select method выберите метод Above contact, активируйте Contact и стрелкой поместите Oil water contact из папки Fluid contacts в 3D grid. OK.

В закладке Properties модели появится новое свойство – Oil water contact.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать построенные в процессе работы контакты между флюидами.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужен процесс Make Contacts?
2. В какой папке хранятся наборы контактов?
3. Может ли быть несколько наборов контактов?
4. Как создать новую группу контактов?
5. Какие могут быть входные данные для контактов?
6. Как обновить/удалить существующую контактную группу?
7. Как проверить качество созданных контактов?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геоestatистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 11

ПЛАГИНЫ

Цель работы. Познакомить студентов с общими понятиями о плагинах.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенции ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Установка плагинов запускается двойным кликом по инсталляционному файлу, предварительно необходимо закрыть Petrel. Затем закройте Petrel, плагины появятся в папке Plug-ins на закладке Processes.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный в предыдущей работе проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

В том случае, когда функциональных возможностей программы не достаточно, можно использовать подпрограммы, в петреле они называются плагины. Существует несколько полезных плагинов, один из них *Horizontal trend plug-in*, сглаживание литологии. Установите плагины на свой компьютер и сделайте сглаживание литологии с помощью плагина *Horizontal trend*.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать полученные с помощью плагинов данные.

Контрольные вопросы

1. Что такое плагины?
2. Для чего нужны плагины?
3. Как установить плагины?
4. Как работает плагин *Horizontal trend*?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 12

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Цель работы. Познакомить студентов с методикой анализа данных петрофизических свойств.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенции ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Доступ к процессу Data Analysis может быть получен из диаграммы процессов (Process Diagram), этот процесс позволяет выполнять детальный анализ свойств. В зависимости от того, является ли свойство дискретным (например, фация), или непрерывным (например, пористость, проницаемость), разные инструменты будут доступны в окне процесса Data Analysis.

Continuous Properties (непрерывные свойства)

Непрерывные свойства – это свойства, такие как пористость и проницаемость, т.е. свойства, которые могут иметь десятичные значения. Дискретные свойства, с другой стороны, имеют целые значения (например, свойства фаций, значение ‘value’ – это песок или глина, (представленные целыми числами в Petrel), десятичные значения невозможны).

Data Analysis на непрерывных свойствах включает в себя:

1. Изображение распределений данных в виде гистограмм, и т.д.
2. Выявление трендов в пределах данных.
3. Преобразования полученных данных.
4. Описание пространственной изменчивости данных с помощью создания вариограмм.

Преобразование данных сделает их стационарными и стандартно нормально распределенными до выполнения фактического моделирования. Обратное преобразование будет выполняться автоматически точно в обратном порядке на результате моделирования для сохранения пространственных трендов и исходного распределения данных в свойстве как конечном результате.

Как только тренды выявлены, их можно снять при помощи преобразований до петрофизического моделирования (Petrophysical Modeling). Алгоритм петрофизического моделирования затем выполняется на остатках, а результаты моделирования затем будут преобразованы в обратном порядке. Это гарантирует, что те же самые выявленные тренды, которые наблюдались в исходных данных, будут присутствовать также в смоделированном свойстве.

Обратите внимание, что если вы выполняете Petrophysical modeling без прохождения через процесс Data Analysis, данные все равно будут преобразовываться в нормальное распределение. Проходя через эти этапы в процессе анализа данных, вы можете задать всю последовательность преобразований интерактивно.

Предпосылки выполнения преобразований

Две главных цели процесса преобразования данных следующие:

1. Убрать пространственные тренды, чтобы данные были стационарными.
2. Преобразовать данные в стандартное нормальное распределение (со средним значением равным 0 и стандартным отклонением равным 1).

Стационарное распределение это основное требование для входных данных для большинства геостатистических алгоритмов. Стандартное нормальное распределение – основное требование алгоритма GSLIB Sequential Gaussian Simulation (последовательного гауссовского моделирования), используемого для стохастического петрофизического моделирования. Поэтому, данные должны быть преобразованы так, чтобы соответствовать этим критериям.

Создание трендов при помощи подходящего преобразования является важной частью моделирования свойств.

Преобразования не являются коммутативными, т.е. изменение порядка, в котором применяются два преобразования, сильно влияет на результат. Поэтому важно применять все преобразования в правильном порядке. В ка-

честве руководства, имеющиеся преобразования перечислены в том порядке, в каком они должны быть введены в последовательность преобразований.

Что преобразования могут сделать для меня?

Данные, такие как пористость и проницаемость, будут распределяться между скважинами в Petrophysical Modeling. Входные данные – это скважинные данные и концептуальная модель геологии специалиста по моделированию. Следовательно, скважинные данные должны рассматриваться вместе с концептуальной моделью, анализироваться и, возможно, корректироваться, чтобы создать 3D модель, которая отвечает как данным, так и концептуальной модели.

Ниже приведено несколько примеров:

1. Пористость распределена практически нормально и наблюдается пространственный тренд (например, убывающий вниз осадочный градиент или вертикально). Используя преобразования, этот тренд может быть выявлен, удален для моделирования свойств и снова применен к результату моделирования (это будет сделано автоматически в Petrel). Тренд и соответствующее распределение будут сохранены в полученной в результате модели.

2. Имеются редкие и, возможно, статистически неверные данные для конкретной зоны, но дополнительные данные свидетельствуют о верности концептуальной модели. Пользователь может контролировать моделирование, например, задавая распределение пористости, которая нормально распределена, с заданными средним значением и стандартным отклонением (Если пользователь хочет использовать тренд, его нужно задать до распределения. Другими словами, вы можете задать распределение только для остатков), чтобы задать более реалистичскую модель вместо того, чтобы просто экстраполировать имеющиеся данные.

3. При отображении гистограммы пористости в пределах чистого песка вы наблюдаете несколько очень низких значений пористости, которые указывают на то, что это выбросы. При использовании преобразования ‘Trun-

cate Observations' (усекать наблюдения) эти выбросы могут быть усечены, и не будут учитываться в конечной реализации.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный в предыдущей работе проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

Перемасштабируйте каротаж пористости.

Теперь в папке Properties вы имеете свойство Kp.

Активируйте процесс Data analysis.

В открывшемся окне, выберите Property свойство Kp, выберите зону H_J3_III1, выберите Facies фации свойства литологии Lito_for_model и саму фацию 1 – коллектор.

Зайдите во вкладку Variograms. Повторите все операции, выполненные ранее в данной вкладке.

Повторите этот этап для второй зоны.

Если у вас есть загруженные каротажи нефтегазонасыщенности, то для них этот процесс будет таким же.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать полученные в процессе работы вариограммы петрофизических свойств, тренды.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужен анализ данных петрофизических свойств?
2. Что такое непрерывные свойства?
3. Что включает в себя анализ данных непрерывных свойств?
4. Какие предпосылки для выполнения преобразований?
5. Что такое тренды?
6. Что преобразования могут сделать для модельера?
7. Как проверить качество анализа данных?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 13

ПЕТРОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Цель работы. Познакомить студентов с методикой создания петрофизических свойств и с методами петрофизического моделирования.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Petrel предлагает несколько алгоритмов для моделирования распределения петрофизических свойств в модели пласта. Скважинные данные, реализация фаций, вариограммы, вторичная переменная и/или данные трендов могут использоваться в качестве входных данных, и имеются разные установки пользователя.

Обратите внимание, что свойства могут быть скопированы из одного грида в другой (если они имеют те же самые номера I, J и K). Выберите свойство, которое нужно скопировать, нажмите на пиктограмму Copy item  и затем на директорию свойств грида назначения, перед тем как щелкнуть на пиктограмме Paste item . Свойства также могут быть скопированы из других проектов, для чего выбирается Open Secondary project (открыть вторичный проект) из меню File.

Если гриды имеют разные номера ячеек, тогда свойства не могут копироваться в целом, однако, если только одна или две из зон были изменены, отключите зоны, которые были изменены, щелкните на свойство и выберите *Copy property in visible zone*.

Создание петрофизического свойства

Откройте диалоговое окно процесса двойным щелчком на этапе процесса Petrophysical Modeling . Это диалоговое окно имеет одну основную закладку (Modeling settings), одну, называемую Edit Hints. В закладке Modeling Settings есть одна закладка Common (с установками, влияющими на все зоны) и закладка Zone settings для каждой зоны. В Zone settings имеется ряд подменю в зависимости от того, какой метод был выбран.

После перемасштабирования каротажных диаграмм (т.е. объединение в блоки необработанных каротажных диаграмм), перемасштабированная диаграмма помещается в директории Properties  в Petrel Explorer. При выполнении моделирования петрофизического свойства всем ячейкам этого свойства будет приписано значение. Расчет значения свойства в каждой ячейке, определенной 3D гридом, будет основываться на входных скважинных данных, фации, вариограмме, коррелированной вторичной переменной и/или тренде(ах). Можно также выполнить безусловное моделирование, подготовив гистограмму. Для визуализации только перемасштабированных каротажных диаграмм на более позднем этапе используйте фильтр свойства.

Как создать 3D модель свойства из каротажных диаграмм

1. Дважды щелкните в этапе процесса *Petrophysical Modeling* , чтобы открыть диалоговое окно процесса
2. В закладке Modeling выберите *Use existing property* и выберите перемасштабированную петрофизическую диаграмму, которую надо использовать из ниспадающего меню.
3. Измените общие установки, если требуется.
4. По умолчанию, опция *Leave Zone Unchanged*  (оставить зону без изменений) отключается. Эта опция позволяет работать на выбранных зонах. Отмените кнопку для зон, которые вы хотите моделировать.
5. Выберите алгоритм интерполяции.
6. Выберите использовать вариограмму и преобразование данных (если таковые есть), сделанные в процессе Data Analysis.
7. Для каждой зоны, выберите подходящие установки.
8. Щелкните ОК для создания модели свойства.

Как создать 3D модель свойства из каротажных диаграмм и данных тренда

1. Дважды щелкните на процесс *Petrophysical Modeling* , чтобы открыть диалоговое окно процесса.

2. Выберите Use existing property и выберите перемасштабированное свойство, которое будет использоваться из ниспадающего меню.
3. Отмените выбор Leave Zone Unchanged  для зон, которые вы хотите моделировать.
4. Выберите алгоритм, который будет использоваться (стохастический или интерполяция) и пройдитесь через разные подменю для каждой зоны.
5. Выберите использовать вариограмму и преобразование данных (если таковое есть), созданные в процессе Data Analysis.

В закладке settings пользователь может только изменять другие установки (например, начальное число, и т.п.), но не пределы выходных данных и распределение. Эти установки могут быть изменены в Data Analysis process для этого свойства.

В закладке trends пользователь может изменять только вторичные переменные установки, и т.п., но не установки тренда, поскольку это «уже» определено в процессе Data Analysis.

Если нет результатов Data Analysis, то:

1. Для каждой зоны определите тренды, которые будете использовать в подменю Trends.
2. Включите тип trend variable (переменной тренда), которая будет использоваться: используйте тренд Property, используйте поверхность горизонтального тренда (т.е. поверхность между 0 и 1) или функции вертикального тренда (вертикальную функцию тренда со значениями между 0 и 1), вы также можете использовать линейный вертикальный тренд, рассчитанный из перемасштабированных каротажных диаграмм.
3. Если карта горизонтального тренда должна использоваться, выберите ее в Petrel Explorer, и вставьте в нужное поле в подменю Trends, щелкнув на синей стрелке. Если вы используете свойство как тренд, выберите нужное свойство из ниспадающего меню.
4. Измените установки в закладке Common, если требуется.

5. Щелкните ОК, чтобы создать модель свойств.

Привязка к реализации фаций

1. Дважды щелкните на процесс Petrophysical Modeling , чтобы открыть диалоговое окно процесса.
2. Выберите Use existing property, чтобы привязать к скважинным данным. Отмените выбор Use existing property для создания нового свойства. В последнем случае задайте шаблон и дайте имя новому свойству.
3. Отмените Leave Zone Unchanged  для зон, которые вы хотите моделировать.
4. Щелкните на кнопку Facies и выберите, к какой реализации фаций следует осуществить привязку, для формирования первого ниспадающего списка.
5. После того, как реализация фации выбрана, отдельные фации, существующие во втором ниспадающем меню, будут доступны. Выберите отдельные фации из второго ниспадающего списка для использования в качестве привязок или используйте стрелки для перемещения между разными установками кода фаций.
6. Для каждой отдельной фации выберите алгоритм, который будет использоваться (стохастический или интерполяцию) и пройдите через разные подменю для каждой зоны и фации. Выбранный алгоритм для первой фации останется по умолчанию для других фаций в списке, пока список не будет изменен. Опции копирования и вставки могут использоваться, как для зон, так и фаций.
7. Измените установки в закладке Common, если требуется.
8. Щелкните ОК для создания модели свойства.

Общие установки для Petrophysical Modeling

В диалоговом окне процесса Petrophysical Modeling  имеется две главных закладки: Modeling Settings и Edit Hints. Закладка Modeling Settings (установки моделирования) описана детально ниже. Закладка Edit Hints

(подсказки по редактированию) содержит некоторые подсказки о том, как редактировать свойства в гриде интерактивно, и о проигрывателе свойств.

Пользователь может создать новое свойство (используя, например, поверхность или выполнив безусловное моделирование) или использовать существующую модель (например, использовать привязку к перемасштабированным каротажным диаграммам или ранее созданной модели). Включите Use Existing Property, чтобы использовать перемасштабированные каротажные диаграммы в качестве входных данных.

Имеется одна закладка Common с несколькими свойствами, которая будет влиять на все зоны в пределах модели, и имеется закладка Zone Settings, в которой пользователь определяет установки для каждой зоны в наборе подменю. Эти имеющиеся подменю зависят от того алгоритма, который был выбран для расчета свойства для этой зоны.

Имеется несколько пиктограмм в диалоговом окне процесса, которые могут иногда быть полезными:

-  Show color table – показать цветовую таблицу – вызывает цветовую таблицу из шаблона свойства для выбранного свойства. Позволяет изменять цветовой масштаб свойства.
-  Show Histogram – показать гистограмму – откроет окно гистограммы для выбранной зоны в активном свойстве.
-  Show data analysis dialog – показать диалог процесса Data Analysis – показывает диалог этого процесса с выбранным активным свойством.
-  Show property filter – показать фильтр свойств – показывает фильтр свойств для активного грида. Пользователь может редактировать фильтр, который впоследствии используется в моделировании свойств.
-  Move between zone setting panels – передвижение между панелями установок зоны – показывает установки для первой зоны, предыдущей зоны, следующей зоны и последней зоны, соответственно.

-  Copy settings from the selected zone – копировать установки выбранной зоны – копируются все установки, определенные для конкретной зоны.
-  Paste settings to the selected zone – использовать установки для выбранной зоны – имеется только после того, как была выбрана опция copy. Применит установки скопированной зоны к другой зоне. Щелкните на закладку другой зоны и затем щелкните на эту пиктограмму.
-  Paste settings to all zones – использовать установки для всех зон – имеется только после того, как выбрана опция копировать. Применит установки скопированной зоны ко всем остальным зонам.
-  Reset settings of the selected zone to default – сбросить установки выбранной зоны до значений по умолчанию. Аналогичная пиктограмма будет в каждом подменю, чтобы дать возможность для выбранных установок вернуться к установкам по умолчанию.
-  Reset settings of all zones to default – вернуть установки всех зон в значения по умолчанию – возвращает в исходное состояние все установки для всех зон в проекте.
-  Оставить зону неизменной. Чтобы заблокировать или разблокировать все зоны одновременно, удерживайте клавишу Shift одновременно с нажатием этой кнопки.
-  Позволяет использовать преобразования данных из Data Analysis Process.

-  Позволяет использовать вариограммы для дискретных свойств.

Методы петрофизического моделирования

Этот раздел описывает закладки установок для каждого из алгоритмов петрофизического моделирования.

Имеющиеся алгоритмы для петрофизического моделирования включают в себя:

- *Sequential Gaussian Simulation (SGS) (стохастический)* – учитывает скважинные данные, входные распределения, вариограммы и тренды. Варио-

грамма и распределение используются для создания локальных вариаций, даже вдали от входных данных. В стохастическом моделировании, результат зависит от случайного числа, и множественные реализации рекомендуются для достижения понимания неопределенности.

- *Kriging (интерполяция)* – учитывает скважинные данные, вариограммы и тренды. Значения между входными точками ввода интерполируются детерминистически с использованием вариограммы, поэтому множественные реализации будут идентичными.

- *Kriging no GSLIB (интерполяция)* – как и выше, однако, алгоритмы предоставляются библиотекой GSLIB. Он имеет некоторые дополнительные экспертные установки, например, выбор между простым и обыкновенным кригингом.

- *Moving average (интерполяция) (скользящее среднее)* – учитывает скважинные данные и тренды. Приписывает среднее значение каждой ячейки, не имеющей перемасштабированного значения, и рассчитывает веса в соответствии с расстоянием от скважин.

- *Functional (интерполяция)* – учитывает скважинные данные и тренды. Создает трехмерную функцию (параболическую, простую параболическую, плоскую, билинейную), которая должна использоваться при интерполяции.

- *Closest (интерполяция)* – учитывает скважинные данные. Использует ближайшее значение для каждой ячейки, не имеющей перемасштабированного значения.

- *Assign values (присвоить значения)* – группа опций, включающая в себя возможность задавать всем ячейкам в выбранной зоне постоянное значение, неопределенное значение, сохранять предыдущие значения или перемасштабированные значения из другого свойства или поверхности. Сейсмический объем также может быть выбран в свойство.

- *Neural Net (нейронные сети)* – модель нейронных сетей создается, используя специальный процесс; может быть использована для создания непрерывных свойств.

- *User defined algorithm (определенный пользователем алгоритм)* позволяет экспортировать файлы (ASCII) из Petrel в стандартный формат Geo-EAS. Пользователь может использовать эту информацию для выполнения своих предпочтительных алгоритмов за пределами Petrel и после моделирования вернуть обратно результаты в Petrel.

- *As for the zone above* – данная опция позволяет пользователю использовать для вновь выбранной зоны установки, аналогичные для предыдущей зоны.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный в предыдущей работе проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

1. Активируйте процесс Petrophysical modeling.

В открывшемся окне, выберите Property свойство Kp, выберите зону H_J3_III1, выберите закладку Facies, выберите в ней отредактированную литологию Lito_for_model_HOR_F1.

Выберите фацию коллектора. Выберите метод Sequential indicator simulation, в закладке Variogram вбейте в окошки параметры, полученные в анализе данных.

Выберите фацию неколлектора, выберите метод Assign values, уберите галку с Keep upscaled log values unchanged, поставьте Constant 0, выберите зону H_J3_III2 и сделайте для нее все описанные выше настройки, ОК.

После того как машина посчитает, проверьте построенную пористость в разрезах, проверьте гистограмму статистики.

2. Проницаемость коллектора получается в калькуляторе как функция от пористости. Например, в калькуляторе можно ввести такое выражение: $Kpr = \text{Exp}((Kp - 0.09)/0.028)$.

Поставьте темплейт проницаемости Permeability, ENTER, ОК.

3. Если есть каротаж нефтенасыщенности, то для него производятся все те же действия, как и для пористости.

Если такого каротажа нет, то можно построить нефтенасыщенность через функцию Леверетта, аргументами которой выступают пористость, проницаемость, высота над контактом.

Для этого в калькуляторе введите последовательно выражения:

$\text{Temp} = \text{Oil_Water_Contact} * \text{Sqrt}(kpr/kp)$

$\text{Sw} = 0.9 * \text{Pow}(\text{Temp}, -0.2)$

$\text{Sw} = \text{If}(\text{Sw} > 1, 1, \text{Sw})$

$\text{Sww} = \text{If}(\text{Lito_for_model_HOR_F1} = 1 \text{ And } \text{Sw} = \text{U}, 1, \text{Sw})$

$\text{So} = 1 - \text{Sww}$

В зависимости, какая нужна средняя величина нефтенасыщенности коэффициент, который в нашем выражении 0,9 можно менять в интервале от 0,1 до 2.

4. Чтобы получить куб по коллектору так называемый NTG, откройте 2D окно, включите отредактированную литологию Lito_for_model_HOR_F1, поставьте мышь на процесс Data analysis, на панели инструментов справа зайдите в фильтр . В открывшемся окне поставьте галку Use value filtr, поставьте мышь на отредактированную литологию Lito_for_model_HOR_F1, поставьте галку Use filter, нажмите None, поставьте мышь на 1: коллектор, OK.

В литологии должен остаться только коллектор, зайдите в калькулятор, напишите выражение: $H_{eff} = \text{Lito_for_model_HOR_F1}$.

Поставьте темплейт N/G Net/Gross, включите галку Use filter, ENTER, OK.

5. Чтобы получить куб по нефтенасыщенному коллектору откройте 2D окно, включите отредактированную литологию Lito_for_model_HOR_F1, поставьте мышь на процесс Data analysis.

На панели инструментов справа зайдите в фильтр , в открывшемся окне поставьте галку Use value filtr, поставьте мышь на отредактированную литологию Lito_for_model_HOR_F1, поставьте галку Use filter, нажмите None, поставьте мышь на 1: коллектор, OK.

В литологии должен остаться только коллектор. Нажмите Apply, поставьте мышь на Oil water contact, поставьте галку Use filter. В окошке Min введите 0,01, нажмите Apply, OK.

В литологии должен остаться только нефтенасыщенный коллектор, зайдите в калькулятор, напишите выражение: $H_{neft} = \text{Lito_for_model_HOR_F1}$, поставьте темплейт N/G Net/Gross, включите галку Use filter, ENTER, OK.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать полученные в процессе работы данные петрофизического моделирования.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужен процесс петрофизического моделирования?
2. Как скопировать свойства из одного грида в другой?
3. Как создать петрофизическое свойство?
4. Как создать 3D модель свойства из каротажных диаграмм и данных тренда?
5. Какие существуют методы петрофизического моделирования?
6. Как работает метод Sequential Gaussian Simulation (SGS) (Стохастический)?
7. Как построить нефтенасыщенность через функцию Леверетта?
8. Как проверить качество построений визуально?
9. Как проверить качество построений по статистике?
10. Как включить фильтр свойства?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 14

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ

Цель работы. Познакомить студентов с методикой расчета запасов и методикой расчета запаса нефти в 3D гриде.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. Процесс расчёта запасов точно вычисляет объёмы в 3D гриде (общий, поровый и занятый флюидом). Эти характеристики часто являются основными при определении экономической целесообразности разработки месторождения. Вместе с анализом неопределенностей эти объёмы определяют, где должны быть сконцентрированы усилия по оценке месторождения.

Метод расчета запасов.

Все стороны ячейки триангулированные, и ячейки делятся точно в тех местах, где они урезаются контактами или границей полигона. Запасы (объем) ячейки тогда могут быть рассчитаны точно. Запасы разбиты точно между границами – запасы ячейки не помещают на одной стороне или на другой.

Основные формулы, которые используются для расчетов запасов, следующие:

- Bulk Volume = Total Rock Volume (общий объем = суммарный объем породы).
- Net Volume = Bulk Volume * Net/Gross (эффективный объем = общий объем * коэффициент песчанистости).
- Pore Volume = Bulk Volume * Net/Gross * Porosity (поровый объем = суммарный объем * коэффициент песчанистости * пористость).
- HCPV oil = Bulk Volume * Net/Gross * Porosity * So (нефть в углеводородном поровом объеме = общий объем * коэффициент песчанистости * пористость * нефтенасыщенность).

• $HCPV\ gas = Bulk\ Volume * Net/Gross * Porosity * Sg$ (газ в углеводородном поровом объеме = общий объем * коэффициент песчанистости * пористость * газонасыщенность).

• $STOOIP = HCPV\ oil/Bo + (HCPV\ gas/Bg) * OGR\ gas$ (запасы товарной нефти в пласте = $HCPV\ oil/Bo + (HCPV\ gas/Bg) * OGR\ gas$).

• $GIIP = HCPV\ gas/Bg + (HCPV\ oil/Bo) * GOR\ oil$ (начальные запасы газа в пласте = $HCPV\ gas/Bg + (HCPV\ oil/Bo) * GOR\ oil$).

• $Recoverable\ Oil = STOOIP * RF\ oil$ (извлекаемые запасы нефти = запасы товарной нефти в пласте * коэффициент извлечения нефти, $RF\ oil$).

• $Recoverable\ Gas = GIIP * RF\ gas$ (извлекаемые запасы газа = начальные запасы газа в пласте * коэффициент извлечения газа, $RF\ gas$).

Рисунок 24 иллюстрирует принципы расчета запасов в Petrel.

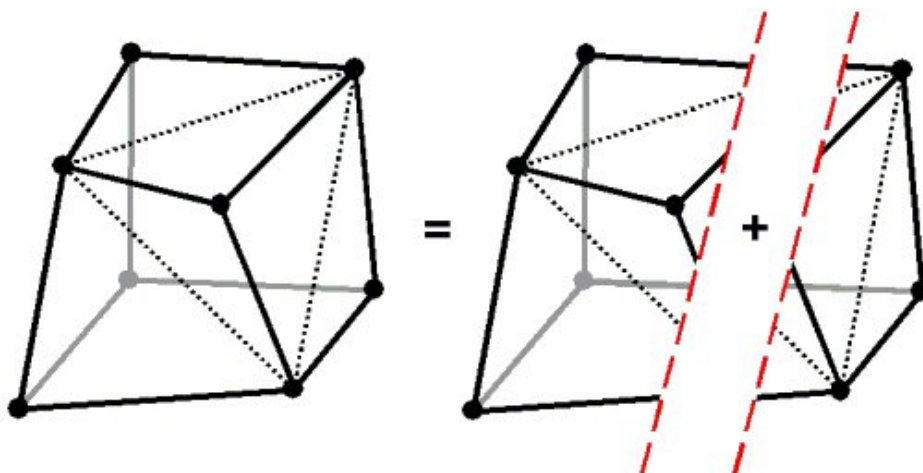


Рисунок 24. Принципы расчета запасов в Petrel

Окно процесса расчета запасов

Процесс  Volume Calculation находится во втором окне проводника в нижней части диаграммы процессов. Для запуска процесса кликните дважды по соответствующей пиктограмме. Запуск расчета запасов приведет к созданию сценария, для которого будет создана пиктограмма в закладке Cases. Затем сценарий может применяться в качестве фильтра при отображении результатов расчета в графическом окне.

Введите имя сценария, а также убедитесь, что активирован именно тот грид, который нужен. (Две серых таблицы Volume Calculator и Single Porosity не активны. Нет альтернативного выбора).

В окне диалога присутствуют три основных закладки:

- *Properties* – входные данные для расчета запасов.
- *Results* – здесь задаются результаты, которые вы хотите получить в ходе процесса расчета запасов, а также фильтры, которые следует применять к этим результатам.
- *Formulas* – формулы и описания основных элементов расчета запасов.

После того, как необходимые входные данные были введены, следует нажать Run, чтобы запустить расчет запасов. Нажав OK или Apply, вы сохраните сценарий в таблице сценариев. Позднее вы сможете запускать выполнение сценария с помощью правого клика и выпадающего меню, или же из процесса расчета запасов.

Как рассчитать запас нефти в 3D гриде

1. Двойной клик по процессу *Volume Calculation* в окне процессов.
2. Задайте имя сценария и укажите грид, который следует использовать.
3. Выберите фазы, подлежащие расчету.
4. Перетащите контакты в соответствующие элементы окна, используя пиктограмму со стрелкой.
5. Для каждого входного параметра укажите соответствующую модель свойств или подходящую константу.
6. Нажмите Apply и затем Run.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный в предыдущей работе проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

1. Чтобы посчитать площади залежей сделайте следующее.

Выгрузите карты нефтенасыщенных толщин. Для этого поставьте мышь на куб нефтенасыщенных толщин H_neft, ПКМ, Settings, вкладка Operations / Make net maps (for each zone), RUN, OK.

В закладке Input появилась папка с картами нефтенасыщенных толщин по каждому пласту.

Поставьте мышь на net map for H_neft/H_J3_III1 ПКМ Create surface edge

Поставьте мышь на получившийся полигон Edge around net map for H_neft/H_J3_III1, ПКМ, Settings, закладка Operations, папка Calculations / Area and length, Run. В появившемся окне вы увидите площадь залежи.

Вставьте полученные результаты в икселевскую таблицу подсчета запасов.

2. Чтобы посчитать объемы залежей сделайте следующее.

Активируйте процесс Volume calculator.

В открывшемся окне во вкладке Contacts поставьте галку Oil, во вкладке Gen. Props выберите N/G куб нефтенасыщенных толщин H_{neft} , выберите Φ куб пористости K_p .

Во вкладке Oil. props выберите So куб нефтенасыщенности So.

Во вкладке Results зайдите в Report settings и поставьте везде Value format 3, ОК.

Во вкладке Boundaries вставьте полигон внутри которого будете вести расчет объемов Ar_J3_III_3236. Run.

В появившейся таблице вы увидите объем залежи, поровый объем, объем нефтенасыщенных пород.

Вставьте полученные результаты в экселевскую таблицу подсчета запасов и подсчитайте запасы.

Произведите расчеты площадей и объемов для всех залежей.

Содержание отчета. Защита работы проводиться в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать подсчитанные по модели запасы углеводородов залежей.

Контрольные вопросы

1. Что делает процесс подсчета запасов?
2. Как работает метод расчета запасов?
3. Что такое общий объем (Bulk Volume)?
4. Что такое эффективный объем (Net Volume)?
5. Что такое поровый объем (Pore Volume)?
6. Что такое нефть в углеводородном поровом объеме (HCPV oil)?
7. Как рассчитать запас нефти в 3D гриде?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel

(«Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 15

ПОДГОТОВКА МОДЕЛИ ДЛЯ ГИДРОДИНАМИКИ

Цель работы. Познакомить студентов с методикой перемасштабирования, подготовкой модели для гидродинамики.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенций ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. *Перемасштабирование.* Многие гидродинамические симуляторы не могут справиться с размерами сетки, созданной при построении геологической модели. Геологические модели могут содержать более 10 миллионов ячеек, в то время как для выполнения гидродинамического моделирования за приемлемый промежуток времени на одном процессоре средний симулятор требует модель, состоящую менее чем из 100 000 ячеек. Кроме того, координатные сетки геологических моделей часто не подходят для гидродинамических симуляторов из-за проблем геометрии ячеек (например, искаженных ячеек).

Понятие перемасштабирования заключается в создании на основе геологической сетки укрупненной гидродинамической сетки, более пригодной для построения фильтрационной модели. Несомненно, более грубая модель потеряет детальность геологической сетки, но цель состоит в том, чтобы иметь представительную модель для задач гидродинамического моделирования.

В Petrel процесс перемасштабирования разделен на два этапа:

-  *Scale Up Structure (перемасштабировать структуру):* определите новое разбиение на слои (т.е. количество слоев в пределах каждой зоны в гидродинамической сетке).
-  *Scale Up Properties (перемасштабировать свойства):* выполняется перенос свойств (пористости, проницаемости и т.д.) из мелкого грида в более грубый грид, выбираются подходящие алгоритмы осреднения для каждого свойства (рис. 25).

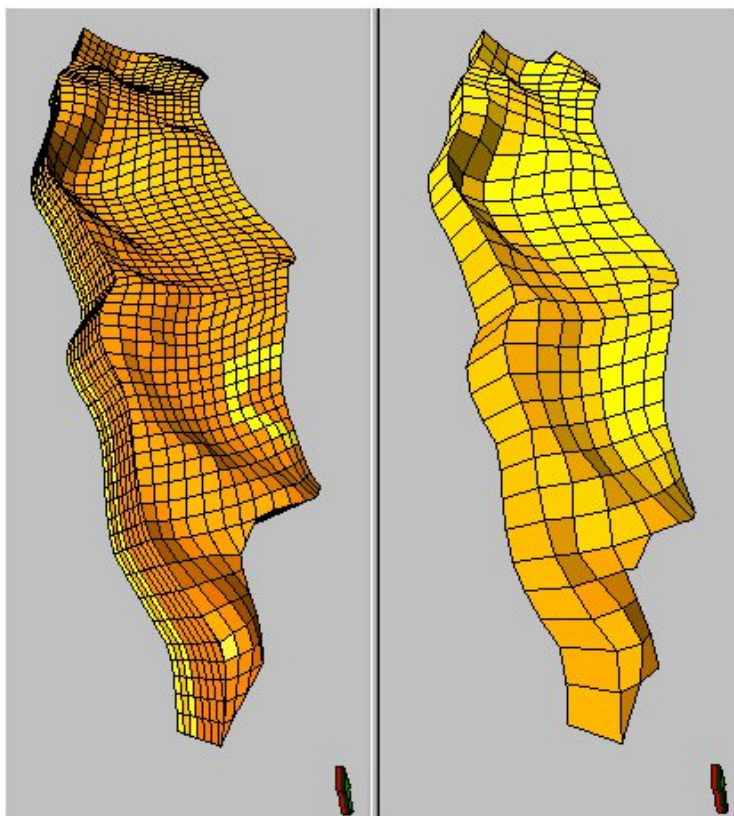


Рисунок 25. Геологическая (слева) и перемасштабированная (справа) сетка со свойствами

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный в предыдущей работе проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).

5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

1. В папке Properties создайте папку TMP. Перенесите в нее все лишние кубы, чтобы в корне остались только отредактированная литология, NTG, пористость, проницаемость, водонасыщенность. Только эти кубы используются в последующем гидродинамическом моделировании.

2. Обычно геологическая модель охватывает наибольшее число скважин. После построения оказывается, что можно уменьшить модель по площади, оставив всего по несколько скважин вокруг ВНК.

Чтобы обрезать модель по площади надо знать необходимые нам интервалы по направлениям I, J. Для этого включите в 2D окне все скважины и полигоны, ограничивающие залежь первого пласта J3_III1: ВНК и неколлектор. Поставьте мышь на процесс Data analysis. Включите литологию. Включите I-направление, вы увидите, что литология превратилась в узкую линию. Перемещайте ее влево-вправо, чтобы увидеть нужные вам пределы. В правом нижнем углу высвечивается положение разреза. Запишите цифры пределы изменения. Сделайте аналогично по направлению J.

Оставьте включенной только зону первого пласта H_J3_III1.

Поставьте мышь на 3D grid ПКМ Settings, в открывшемся окне вкладка Output. Включите все галочки, введите интервалы I, J. Нажмите Copy global grid, OK.

Включите появившийся новый grid и проверьте, что все получилось правильно.

Проделайте тоже самое для второго пласта.

3. Выгрузите скважины и кубы для моделирования с помощью функции export.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать перемасштабированную модель.

Контрольные вопросы

1. Что такое перемасштабирование?
2. Какие этапы перемасштабирования?
3. Как перемасштабировать структуру?
4. Как перемасштабировать свойства?
5. Как проверить качество перемасштабирования?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 16

ВЫВОД ГРАФИКИ

Цель работы. Познакомить студентов с выводом графических данных.

Формируемые компетенции. Данная работа направлена на формирование компетенции ОПК-4, ОПК-5.

Теоретическая часть. *Вывод графических данных.* Графические изображения, созданные в Petrel могут быть легко распечатаны или скопированы в другие приложения. Ниже приведены некоторые примеры передачи, обрезки рисунка и распечатывания графики.

В Petrel также можно создавать перемасштабированные изображения, для дополнительной информации.

Передача метафайла в PowerPoint и Word

1. В окне Plot window, нажмите на *Copy enhanced metafile* .
2. В PowerPoint или Word, вставьте изображение как расширенный метафайл (это возможно в специальной вставке).

Передача графических данных Petrel в Microsoft Power Point и Word.

Для копирования изображения в окне экрана дисплея:

1. Используйте опцию *Copy Bitmap*  на панели инструментов. Таким образом, будет создано растровое изображение, которое будет временно сохранено в буфере обмена.
2. Иначе можно захватить изображение в окне нажатием *Ctrl+Alt+Print Screen*. Это создаст растровое изображение, которое будет временно сохранено в буфере обмена.
3. Откройте PowerPoint или Word и выберите *Paste* из меню панели инструментов; вставьте данные в пустую презентацию или новый документ.

Существует несколько способов редакции рисунков, такие как обрезка, изменение размеров и цветов, как в PowerPoint, так и в других приложениях.

Microsoft Paint – приложение, поставляемое вместе с операционной системой Windows. Чтобы найти его выберите Programs > Accessories: в меню Start.

Обрезка графических изображений Petrel в Microsoft Paint

1. Скопируйте окно на экране дисплея нажатием клавиши Alt+Print Screen. Это создаст растровое изображение, которое будет временно сохранено в буфере обмена Microsoft.
2. Откройте Microsoft Paint и вставьте изображение в новый документ (Ctrl+v).
3. Используйте самый нижний ярлык на панели инструментов для обрезки изображения.
4. Щелкните правой кнопкой мышки на выделенном рисунке. В появившемся меню выберете Crop.
5. В Microsoft Paint из меню File откройте новый документ и вставьте обрезанную картинку.

Растровые изображения отвечают достаточно высокому качеству, но файлы этого формата часто слишком большие и не всегда подходят для передачи по Интернету. Поэтому есть еще некоторые форматы, такие как GIF или JPEG, подходящие для конвертирования растровых форматов.

Создание изображений различных форматов (GIF, JPEG, TIF и других) из графики Petrel

1. Сохраните интересующий Вас растровый файл (bitmap) в PowerPoint как JPEG Filter или GIF.
2. Используя другой нестандартный графический редактор, можно сохранить картинку в нескольких различных типах форматов, таких как TIF, PostScript, Encapsulated PostScript, PC paintbrush, Targa, Adobe и Corel graphics, PNS (Portable Network Graphics), JPEG, GIF и других всевозможных форматах, не указанных здесь.

Распечатывание графики Petrel может быть произведено непосредственно из приложения Petrel.

Нажмите  "Show Paper and Margin Settings" в viewport. Выберите размер бумаги и ориентацию бумаги – альбомную или вертикальную. Нажмите Print и выберите цветной (желательно) принтер в Вашей локальной сети.

Теперь нажмите Print Preview (предварительный просмотр) для проверки результата на экране компьютера. Если изображение Вас устраивает, пошлите его на принтер, нажав на Print в окне просмотра. В следующий раз можно быстро распечатать документ, воспользовавшись ярлычком Печать на панели инструментов.

В Petrel также могут создаваться масштабированные изображения.

Оборудование и материалы: компьютер с установленным ПО Petrel, сохраненный в предыдущей работе проект.

Указания по технике безопасности. Компьютер – высокотехнологичное технически хорошо продуманное устройство, но вместе с тем очень опасное. Иногда опасность реальна, а иногда, он незаметно воздействует на Ваше здоровье и психику.

Во избежание несчастного случая, поражения электрическим током, поломки оборудования, рекомендуется выполнять следующие правила:

1. Не входить в помещение, где находится вычислительная техника без разрешения старшего (преподавателя).
2. Не включать без разрешения оборудование.
3. При несчастном случае или поломке оборудования позвать старшего (преподавателя). Знать где находится пульт выключения оборудования (выключатель, красная кнопка, рубильник).
4. Не трогать провода и разъемы (возможно поражение электрическим током).
5. Не допускать порчи оборудования.
6. Не работать в верхней одежде.
7. Не прыгать, не бегать (не пылить).
8. Не шуметь.

Задания

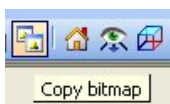
В программе Petrel имеется возможность для вывода карт, разрезов и схем корреляций.

1. Вывод карт. Чтобы получить из куба литологии карты по кровле-подошве, станьте на Lito_for_model_HOR_F1 ПКМ Settings / Operations, раскройте папку Make map from property, выберите Make reservoir top maps (for each zone). Поставьте Facies code: 1 – для кровли по коллектору, 0 – для кровли пласта. Run. OK.

В закладке input появится папка reservoir top maps for Lito_for_model_HOR_F1.

Включите карту reservoir top map for Lito_for_model_HOR_F1/H_J3_III1 (Code1) в 2D окне, настройте визуализацию.

В расположенной сверху панели инструментов нажмите кноп-ку

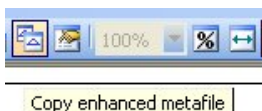


. Полученное изображение можно вставить в любой графический редактор и любое приложение Microsoft.

Map window специально создано для выгрузки карт в масштабе.

Создайте новое Map window, включите карту reservoir top map for Lito_for_model_HOR_F1/H_J3_III1 (Code1), настройте визуализацию.

В расположенной сверху панели инструментов нажмите кноп-ку



Полученное изображение можно вставить в любое приложение Microsoft

Из Microsoft Office Publisher изображение возможно вставить в Corel. Масштабы будут соответствовать тем, которые вы выбрали в настройках визуализации.

Чтобы получить карту эффективных или нефтенасыщенных толщин пласта, станьте на H_eff или на H_neft, ПКМ Settings / Operations, раскройте

папку Make map from property, выберите Make net maps (for each zone), Run, OK.

Чтобы получить карту пористости коллектора, откройте 2D окно, поставьте мышь на процесс Data analysis. Включите фильтр по коллектору литологии Lito_for_model_HOR_F1 с помощью кнопки фильтр на панели инструментов справа .

Станьте на Kp, ПКМ Settings / Operations.

Раскройте папку Make map from property, выберите Make average maps (for each zone), Run, OK.

2. Вывод разрезов.

Включите Intersection window I_I, произведите настройки.

С помощью кнопок  можно копировать изображение в растровом и векторном виде. В векторном виде масштабы будут соответствовать тем, которые вы выбрали в настройках визуализации. Векторное изображение можно вставить в Microsoft Office или Corel.

3. Вывод схем корреляции.

Включите Well section I_I, произведите настройки.

С помощью кнопок  можно копировать изображение в растровом и векторном виде. В векторном виде масштабы будут соответствовать тем, которые вы выбрали в настройках визуализации. Векторное изображение можно вставить в Microsoft Office или Corel.

Содержание отчета. Защита работы проводится в устной форме. При защите работы студент должен ответить на вопросы, предложенные преподавателем, показать выгруженные из модели графические материалы.

Контрольные вопросы

1. Как передать метафайл в PowerPoint и Word?
2. Как передать графических данных Petrel в Microsoft Power Point и Word?
3. Как обрезать графические изображения Petrel в Microsoft Paint?

4. Как создать изображения различных форматов (GIF, JPEG, TIF и других) из графики Petrel?
5. Можно ли распечатывать графику непосредственно из Petrel?

Список литературы

1. Дойч, К.В. Геостатистическое моделирование коллекторов / К.В. Дойч – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 400 с.
2. Перевертайло Т.Г., Захарова А.А. Формирование 3D геологических моделей месторождений нефти и газа в среде программного комплекса Petrel («Schlumberger»): практикум. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 93 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТИ И ГАЗА»
для студентов направления подготовки /специальности
21.04.01 Нефтегазовое дело

Направленность (профиль)/специализация Строительство глубоких нефтяных и газовых
скважин в сложных горно-геологических условиях

Методические рекомендации предназначены для студентов вуза «Северо-Кавказский федеральный университет»

Цели методических рекомендаций:

1. Методическое сопровождение процесса введения и реализации требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (далее ФГОС ВО), помощь при разработке рабочих учебных программ дисциплин и профессиональных модулей основной образовательной программы (далее ООП).
2. Создание в образовательном учреждении учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Методические рекомендации определяют сущность самостоятельной работы студентов в вузе, её назначение, планирование, формы организации и виды контроля.

Содержание

I. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО	
II. Назначение и виды самостоятельной работы студентов.	
III. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями.	

I. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО

1.1. ФГОС раздел: «Требования к условиям реализации ОП»:

– Требования к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы подготовки инженера, к условиям ее реализации и срокам ее освоения определяются настоящим федеральным государственным образовательным стандартом;

– образовательная программа подготовки инженера состоит из дисциплин федерального компонента, дисциплин национально-регионального (вузовского) компонента, дисциплин по выбору студента, а также факультативных дисциплин. Дисциплины вузовского компонента и дисциплины по выбору студента в каждом цикле должны содержательно дополнять дисциплины, указанные в федеральном компоненте цикла;

– максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Во время самостоятельной подготовки обучающиеся должны быть обеспечены доступом к сети Интернет. Реализация основной образовательной программы подготовки магистранта должна обеспечиваться доступом каждого студента к библиотечным фондам и базам данных, формируемым по полному перечню дисциплин основной образовательной программы из расчета обеспеченности учебниками и учебными пособиями не менее 0.5 экземпляра на одного студента. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем циклам дисциплин и постоянно восполняться научной литературой и периодическими изданиями нефтегазового профиля

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

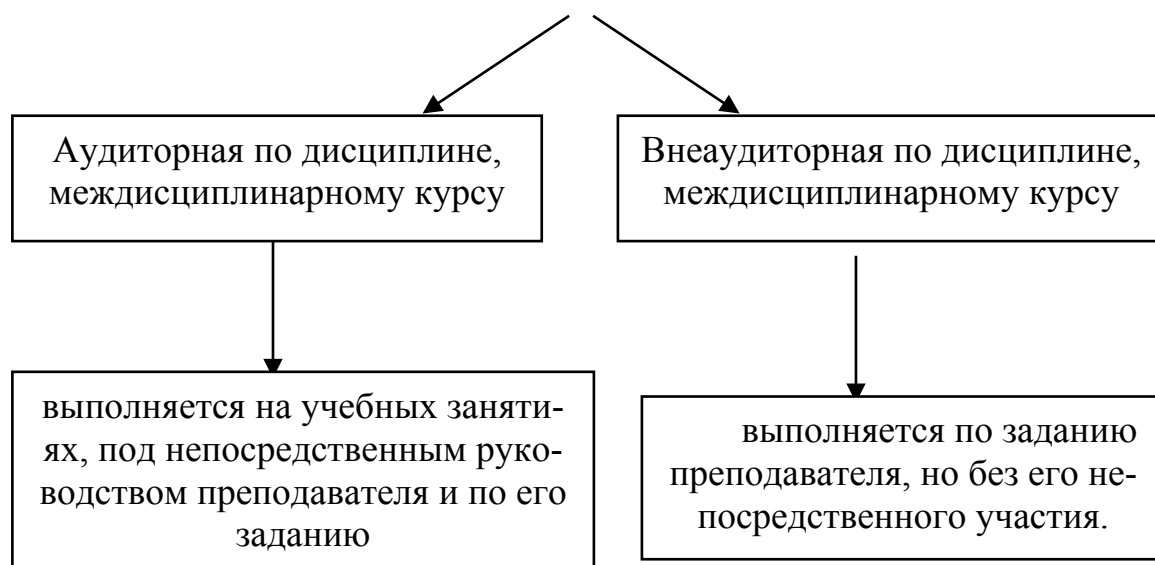
- в рабочем учебном плане – в целом по теоретическому обучению, каждому из циклов дисциплин, профессиональных модулей и междисциплинарных курсов,
- в рабочих программах учебных дисциплин, профессиональных модулей и междисциплинарных курсов с распределением по разделам или конкретным темам.

II. Назначение и виды самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитию исследовательских умений.

В учебном процессе ОУ выделяются два вида самостоятельной работы:



Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

III. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями.

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.

4. Тестирование.
5. Письменный опрос.
6. Устный опрос.
7. Индивидуальное собеседование.
8. Коллоквиум.
9. Отчет о проделанной работе.
10. Защита рефератов или курсовой работы.
11. Творческий конкурс.
12. Интернет - конференции.
13. Контрольная работа.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

Содержание внеаудиторной самостоятельной деятельности студентов

Методические указания для студентов по выполнению самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекциям
2. Подготовка к практическим занятиям
3. Решение задач по темам:
 1. История возникновения геологического моделирования в России.
 2. Зарубежные и отечественные программные пакеты для построения трехмерных геологических моделей.
 3. Методические приемы создания геологических моделей.
 4. Основные виды исходных данных и их форматы для построения трехмерных геологических моделей.
 5. Технология создания геологической модели. Структурное моделирование.
 6. Анализ данных литологии. Моделирование контактов между флюидами.
 7. Моделирование фаций.
 8. Петрофизическое моделирование.
 9. Подсчет запасов.

Список основной литературы

1. Брагин, Ю. И. Нефтегазопромысловая геология : статическое геологическое моделирование залежей углеводородов / Ю. И. Брагин, Г. П. Кузнецова. - М. : Недра, 2013. - 109 с. : ил., табл., цв. ил. ; 24 см. - Библиогр.: с. 108. - ISBN 978-5-8365-0407-6
2. Моделирование природных резервуаров нефти и газа : лабораторный практикум / Министерство образования и науки Российской Федерации ; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет» ; авт.-сост. М. В. Нелепов ; авт.-сост. Н. В. Еремина ; авт.-сост. Т. В. Логвинова. - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 111 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>

Список дополнительной литературы

1. Золоева, Г. М. Геолого-геофизическое моделирование залежей нефти и газа : учеб. пособие для студ. вузов / Г. М. Золоева, С. Б. Денисов, С. И. Билибин ; [РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина]. - 2-е изд., доп. и перераб. - М. : МАКС Пресс, 2008. - 210 с. : ил., карт. - Библиогр.: с. 203-207. - ISBN 978-5-317-02420-8

Интернет-ресурсы

1. Электронный каталог фолиант СКФУ catalog.ncstu.ru;
2. ЭБС «Университетская библиотека ONLINE», <http://biblioclub.ru>;
3. Электронная библиотека диссертаций РГБ, <http://diss.rsl.ru>;
4. Электронная библиотечная система «IPRbooks»
<http://www.iprbookshop.ru>
5. Международная реферативная база данных – www.scopus.com