

DV-Geo, DV-Discovery, DV-SeisGeo – СИСТЕМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, РАЗРАБОТАННЫЕ В РОССИИ

Г. Н. Гогоненков, первый заместитель генерального директора, д-р техн. наук

Е. В. Ковалевский, ведущий инженер отдела сопровождения DV-Geo, канд. физ.-мат. наук

ОАО ЦГЭ

Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых (ГКЗ Роснедра) сертифицировала разработанные в ЦГЭ системы геологического моделирования DV-Geo и DV-Discovery. Комиссия также рекомендовала работающим в России нефтяным компаниям использовать указанные программные системы для подсчета запасов. В этой связи возникает необходимость ознакомить специалистов с этими системами и их возможностями.

● Что такое геологическая модель?

Прежде всего рассмотрим, что такое геологическая модель. Вопрос не такой простой, как кажется. Для начала можно сказать, что геологическая модель есть цифровое представление геологического объекта (осадочного бассейна, месторождения, природного резервуара) на том уровне абстракции, который достаточен для решения поставленной задачи. Какая это задача? В действительности имеется иерархическое множество моделей, и каждая модель, используя свои данные, решает свою задачу. Чтобы судить о геологических моделях, необходимо представлять эту иерархию. Постараемся дать ее краткое описание.

Верхний уровень в иерархии моделей является региональным. Здесь создается модель осадочного бассейна, которая должна предсказать, на каких площадях региона и на каких горизонтах имеются условия для накопления углеводородов. Известно, что для этого требуется наличие пластов коллектора, перекрытых непроницаемыми крышками. Исходными данными для такого рода моделей являются региональные сейсморазведочные профили, опорные и параметрические скважины, структурно-тектонические карты и многое другое.

Следующий уровень в иерархии моделей является поисковым. Модель этого уровня строится уже не для всего региона, а только для перспективной площади, выделенной на предыдущем этапе. Задача моделирования теперь состоит в том, чтобы найти на целевом горизонте структурные поднятия или неструктурные ловушки, которые

могут аккумулировать нефть и газ. Для решения указанной задачи выполняются поисковые исследования по сети сейсмических профилей 2D. Результатом интерпретации данных по сети профилей является трехмерная геологическая модель, отображающая рельеф целевого горизонта и крупные тектонические нарушения. Перспективные объекты, обнаруженные с помощью этой модели, проверяются поисковым бурением. Поисковая скважина устанавливает наличие нефти и газа, а также дает сведения о литологии и коллекторских свойствах целевого горизонта. На основании полученных данных оцениваются ресурсы углеводородов.

В случае открытия месторождения поисковый этап сменяется разведочным. Он включает выполнение детальных сейсмических наблюдений 3D и бурение разведочных скважин. В результате получают данные для построения действительно трехмерной геологической модели, дающей прогноз литологии, коллекторских свойств и насыщения. Тем самым осуществляется переход на следующую, третью ступень в иерархии моделей, на которой точность и детализация модели существенно возрастают. Полученная геологическая модель позволяет выполнить подсчет запасов и составить проект разработки.

Дальнейшее уточнение геологической модели производится в ходе разработки. Во-первых, модель уточняют эксплуатационные скважины. Наиболее детальную модель мы получаем на поздних стадиях разработки, когда число эксплуатационных скважин составляет многие десятки и сотни. Во-вторых, модель уточняется по данным о продуктивности скважин. Каким образом? Модель пересчитывают на крупную сетку и подают на вход гидродинамического симулятора. Сравнивая модельные и реальные данные о продуктивности скважин, определяют различия. Далее в модель вносят поправки, стараясь эти различия устранить.

Какие задачи решаются с помощью модели на этапе разработки? Главным теперь является выбор наиболее эффективного режима добычи, повышение нефтеотдачи и прогнозирование кривых продуктивности скважин. Прогнозирование нефтедобычи на годы вперед крайне важно для планирования инвестиций: бурения новых скважин, строительства газо- и нефтепроводов, дорог, жилых поселков и т. д. Геологическая и гидродинамиче-

ская модели используются в течение всей жизни месторождения (иногда это многие десятилетия), непрерывно совершенствуясь как по мере получения новых данных, так и по мере развития технологий моделирования.

Современные геологические модели интегрируют огромные объемы сейсмических и скважинных данных. Для создания таких моделей используют мощные компьютеры и большие (иногда очень большие, возможно, крупнейшие из существующих) программные комплексы – системы геологического моделирования.

● Кто разрабатывает системы геологического моделирования?

Системы геологического моделирования являются наукоемкими программными продуктами высокого уровня сложности. Их разрабатывают специализированные компании в сотрудничестве с университетами, государственными и частными научными центрами. Образцовым примером такого сотрудничества является проект GOCAD, представляющий собой консорциум из 84 университетов и 22 спонсирующих нефтяных и сервисных компаний (данные на сегодняшний день). В апреле 2007 г. в консорциум вошли два новых члена – университет острова Тасмания и компания «Роснефть». Исследовательские прототипы, создаваемые в университетах в рамках проекта GOCAD, используются затем в коммерческих разработках организаций-участниц.

Лучшие мировые производители систем геологического моделирования – компании Schlumberger, Paradigm, Landmark, Roxar, SMT. Все перечисленные компании имеют дочерние отделения по всему миру и активно привлекают в свои ряды талантливых специалистов из разных стран. В частности, среди 70 тысяч сотрудников компании Schlumberger 11 тысяч составляют россияне. Однако это лишь косвенное признание высокого научного и технического уровня нашей страны. Хорошо известно, что головные отделения компаний Schlumberger, Landmark, SMT находятся в США, инициативный центр проекта GOCAD находится во Франции, а компания Roxar является норвежской.

Россию в этой мировой таблице о рангах представляет Центральная геофизическая экспедиция (ЦГЭ). Мы придаем большое значение тому обстоятельству, что Экспедиция, созданная в 1967 г. как главный в СССР методический центр обработки цифровой сеймики, является ныне ведущим разработчиком систем геологического моделирования, укорененным в России, имеющим тесные связи с российскими компаниями, университетами и научными центрами. Специализируясь в области геофизического сервиса, ЦГЭ предоставляет российским и зарубежным нефтяным компаниям широкие услуги в сфере геологического моделирования – обработку и интерпретацию сеймики 2D и 3D, построение моделей, подсчет запасов, проектирование разработки, гидродинамическое моделирование. Как подрядчик, ЦГЭ имеет в своем распоряжении программные системы Petrel, Tigress, IRAP RMS, More и другие. Однако главными рабочими инструментами в ЦГЭ являются программ-

ные системы собственного производства. В первую очередь это уже упомянутые выше системы DV-Geo и DV-Discovery. Что это за системы, какие задачи они решают? Поскольку иерархия геологических моделей была рассмотрена нами выше, ответить на этот вопрос будет не очень трудно.

● Система геологического моделирования DV-Discovery

Система DV-Discovery (DV есть сокращение от Dynamic Viewing) предназначена для интерпретации сейсмических данных 2D и 3D. Она применяется для решения двух типов задач: первая – создание поисковых моделей по данным сеймики 2D и вторая – создание детальных моделей резервуаров по данным сеймики 3D. Исходными данными для системы DV-Discovery являются сейсмические профили или кубы сейсмотрасс после суммирования и миграции, а также данные ГИС. Система выполняет следующие функции:

- ◆ интеграцию сейсмических наблюдений 2D и 3D;
- ◆ ручную и автоматическую корреляцию отражающих горизонтов;
- ◆ пространственное картирование тектонических нарушений;
- ◆ привязку отражающих горизонтов к скважинным данным;
- ◆ подбор скоростной модели среды, пересчет отражающих горизонтов из временной вертикальной шкалы в глубинную;
- ◆ седиментационный анализ;
- ◆ палеотектонический анализ;
- ◆ прогноз коллекторских свойств горных пород по скважинным данным и сейсмическим атрибутам, сейсмическую инверсию.

Главным достоинством DV-Discovery являются встроенные средства динамической визуализации. Лучше всего их возможности проявляются в ходе работы с кубами сейсмических данных. Определение «динамическая» применительно к визуализации означает следующее: благодаря оригинальным инженерным решениям доступ к данным куба при движении слайса (сечения) осуществляется в режиме реального времени. В результате происходит сплошное сканирование исследуемой среды, что многократно (в десятки и сотни раз) увеличивает объем информации, предоставляемой пользователю для зрительного восприятия. Динамическая визуализация играет ключевую роль при поиске структурных ловушек, при корреляции отражающих горизонтов, при трассировании тектонических нарушений. Пример визуализации геологического объекта в DV-Discovery показан на рис. 1.

К числу особых достоинств системы DV-Discovery относятся встроенные инструменты седиментационного и палеотектонического анализа. Седиментационный слайс представляет собой сечение куба сейсмических амплитуд поверхностью, делящей расстояние между соседними опорными корреляционными поверхностями в одной пропорции. Такой слайс можно рассматривать как стратиграфическую поверхность. Имея в сейсмичес-

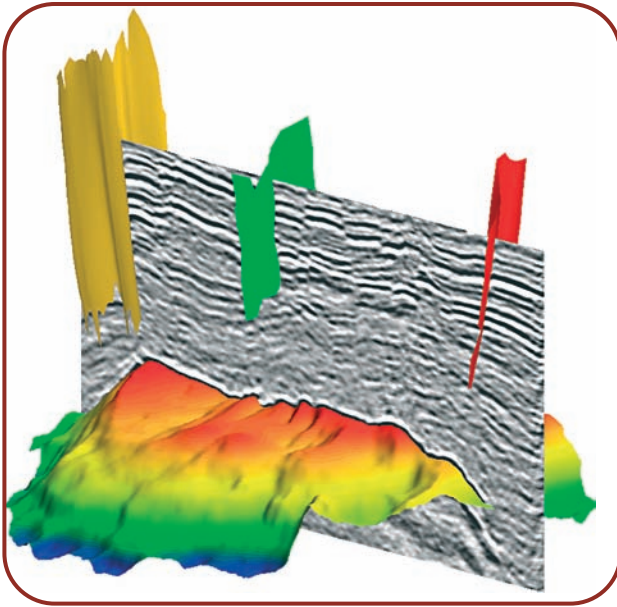


Рис.1. Пример визуализации в системе DV-Discovery. Цветные поверхности показывают структурные элементы, выделенные интерпретатором

ком кубе стопку предварительно выделенных корреляционных поверхностей, можно сканировать седиментационным слайсом весь интервал, от первой поверхности до последней. Распределение амплитуд на седиментационном слайсе можно отобразить в отдельном окне (рис. 2). Темные линии на этой поверхности показывают палеоруслу и тектонический разлом, светлые зоны вдоль русел соответствуют речным палеодолинам, где мигрировали русла, откладывая песчаники.

Палеотектонический анализ в DV-Discovery реализует следующую идею. Каждая седиментационная поверхность изначально была примерно горизонтальной. Возьмем в качестве объекта анализа некоторый нефтеносный горизонт. Если мы будем поочередно выравнивать все седиментационные поверхности, начиная от кровли выбранного горизонта и до самого верха куба, то увидим, как менялась форма нашего нефтеносного горизонта (какие происходили наклоны, искривления, изломы) с момента его образования и до настоящего времени. В результате такого анализа появляется возможность прогнозировать зоны аномальной трещиноватости, пути миграции, время и области скопления углеводородов.

● Система геологического моделирования DV-Geo

Система DV-Geo предназначена для построения детальных трехмерных геологических моделей и подсчета запасов. Наиболее эффективной она является при построении моделей по данным ГИС на площадях, разбуренных эксплуатационной сеткой скважин. Вместе с данными ГИС могут использоваться сейсмические данные о структуре и свойствах объекта (отражающие горизонты, разломы, кубы параметров), импортированные из DV-Discovery или других систем. DV-Geo выполняет следующие функции:

- ♦ создание интегрированной базы геолого-геофизических и промысловых данных;

- ♦ корреляцию геологических разрезов скважин;
- ♦ обработку и интерпретацию данных ГИС с учетом керна;
- ♦ моделирование залежей (структурное, литофациальное, петрофизическое);
- ♦ подсчет запасов (по зонам и категориям, по типам коллекторов);
- ♦ анализ геологической модели залежи (седиментационный, палеотектонический);
- ♦ подготовку данных для гидродинамического моделирования;
- ♦ анализ результатов гидродинамического моделирования.

Главным достоинством DV-Geo является возможность строить модели сверхкрупных (гигантских) месторождений как единых объектов. При этом в качестве информационного массива используется весь имеющийся набор данных. Модель уникального месторождения Самотлор была построена по данным более 16 тысяч скважин. Фрагмент этой модели показан на рис. 3. В больших моделях общее число именованных элементов (кернов, каротажных кривых, стратиграфических отметок на скважинах и т. д.) достигает многих сотен тысяч.

Система DV-Geo имеет развитые инструменты динамической визуализации данных – одномерных, двумерных и трехмерных объектов, кубов параметров. Это различные виды рабочих окон, средства обеспечения их динамической взаимосвязи, многоуровневые фильтры для выбора данных, разные типы динамических селекторов и т. д. При отображении трехмерных объектов возможно их вращение, зуммирование, изменение освещенности. Кубы параметров визуализируются с помощью произвольных слайсов, мультислайсов, палеослайсов. Система позволяет строить традиционные профили через скважины, геолого-геофизические разрезы, карты, схемы. Имеются инструменты для оформления графических ма-

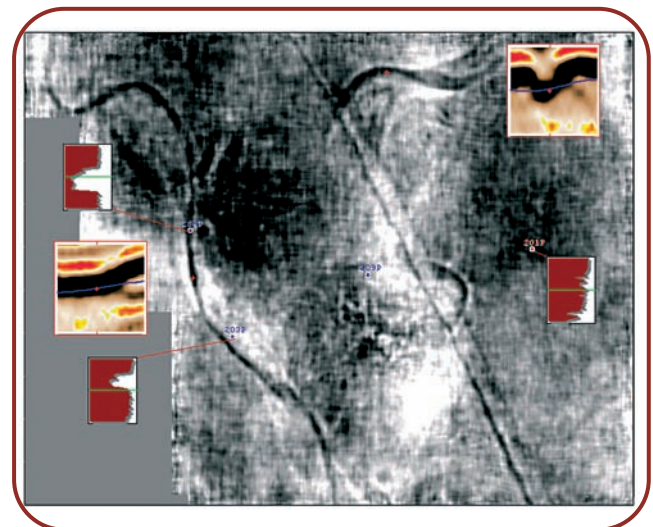


Рис. 2. Седиментационный слайс в системе DV-Discovery. Хорошо видны палеоруслу и тектонический разлом. «Вставные» окна показывают данные каротажа ПС в скважинах и вертикальные слайсы сейсмических амплитуд

Разработка

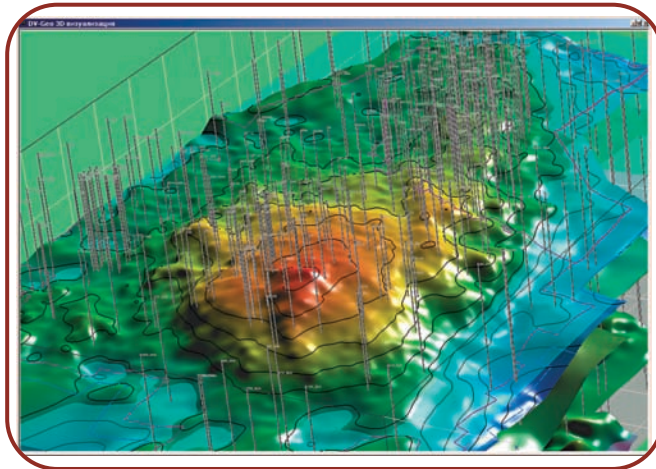


Рис. 3. Фрагмент геологической модели месторождения Самолор, рассчитанной в системе DV-Geo

териалов в соответствии с отраслевыми стандартами и для вывода их на печать.

К числу относительно новых инструментов моделирования в DV-Geo относятся нерегулярные сетки. С их помощью значительно расширяются возможности структурного моделирования, в частности, снимаются ограничения на форму разломов.

Важная особенность DV-Geo состоит в том, что значительная часть ее процедур (почти все процедуры вво-

да-вывода данных, сотни расчетных функций, сопутствующие диалоги) написана на встроенном языке Th. Пользователь может расширять это множество процедур, используя существующие в качестве образцов. Это имеет значение, поскольку геологические модели всегда содержат некоторые уникальные черты.

● Заключение

За долгие годы в нефтяной отрасли СССР, а теперь уже России сложилась своя практика ведения дел в разведке и добыче. Эта практика закреплена в образовании и опыте специалистов, терминологии, методиках, формах документации, стандартах работы производственных организаций. Достоинством систем DV-Discovery и DV-Geo является то, что они родились внутри этой практики и соответствуют ей во всех деталях. Именно этим обусловлено решение ГКЗ.

Комплексы DV-Discovery и DV-Geo находятся в интенсивном развитии. Параллельно в ЦГЭ в течение нескольких лет развивается программный комплекс DV-SeisGeo, имеющий целью объединить функциональные возможности и достоинства двух первых систем. Главная цель идущих проектов – предлагать российским нефтяным компаниям программные продукты, сделанные квалифицированно и на современном уровне, имеющие уникальные компоненты, позволяющие повысить точность и детальность описания месторождений.