

Алгоритм структурного синтеза может быть представлен последовательностью шагов, включающих просмотр базы декомпозиционных схем, ввод характеристик, присвоение рангов альтернативам и автоматический выбор лучших решений. В соответствии с рассмотренными методами и алгоритмом формирования оптимальных по Парето структурных решений при проектировании технических объектов значение каждого из показателя, характеризующего систему, не может быть улучшено без ухудшения других.

Применение философских категорий «Часть и целое» в процессе формирования структурных решений для гидроблоков управления позволяет систематизировать подход к проектированию и оптимизации. Это способствует более глубокому пониманию задачи и созданию эффективных, инновационных решений, отвечающих современным требованиям технологического оборудования.

Таким образом, использование метода математического моделирования дает возможность определить конструкционные параметры гидроблока управления технологического оборудования, разработать гидравлический привод технологического оборудования с наименьшими затратами.

Л и т е р а т у р а

1. Гурбан, О. К. Оптимизация критериев при расчете и проектировании монтажных корпусов гидроблоков управления / О. К. Гурбан, В. В. Пинчук, А. А. Гинзбург // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси. – Минск, 2024. – С. 131.
2. Пинчук, В. В. Расчет присоединительных размеров компонентов агрегатно-модульных гидроблоков управления гидроаппаратов технологических машин / В. В. Пинчук, А. В. Мархуленко, Д. Г. Ворочкин // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2013. – № 1. – С. 20–25.
3. Лисьев, В. П. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие / В. П. Лисьев. – М. : Моск. гос. ун-т экономики, статистики и информатики, 2006. – 199 с.

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПЛАСТОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

У. В. Клочко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель О. К. Абрамович

Рассмотрены принципы создания геологической модели, варианты возможного программного обеспечения и роль цифровых геологических моделей в разработке нефтяных и газовых месторождений.

Ключевые слова: цифровая геологическая модель, седиментационная модель, тектоническая модель, программные пакеты, ГИС, картографическое построение.

Геологическая модель – это сконцентрированная система знаний о геологическом объекте, согласованная с набором геолого-геофизических и промысловых данных, полученных к определенному моменту времени. Геологическая модель включает данные о тектоническом строении объекта, его геометрии, стратиграфии, литолого-фациальной характеристике пластов-коллекторов, об изменении их эффективных толщин и коллекторских свойств – пористости и проницаемости по площади

и разрезу, газонефтенасыщенности отдельных пропластков, гидрогеологической характеристике, величине запасов нефти и газа месторождения [1].

Геологическая модель пластов является фундаментальной основой для проектирования разработки нефтяных месторождений. Она позволяет понять строение залежи, свойства коллекторов и флюидов, а также спрогнозировать поведение пласта в процессе эксплуатации.

Геологическая модель состоит из двух основных частей: седиментационной модели и тектонической.

При создании седиментационной модели используются данные региональных и детальных геологических и геофизических съемок, а также описание и лабораторные исследования керна. Основную роль в разработке седиментационной модели помимо данных сейсморазведки играют данные каротажа, особенно при фациальном анализе. Наиболее эффективна совместная визуализация данных сеймики и геофизических исследований скважин (ГИС). При разработке седиментационной модели в качестве эталона используются результаты теоретических и практических исследований, выполненных для отложений данного типа в сходном по строению регионе. Адекватно построенная седиментационная модель обладает огромным прогностическим потенциалом, позволяя создать 3D геологическую модель даже в условиях ограниченного набора редкой сетки скважин. В настоящее время в наиболее цельном и законченном виде для построения седиментационной модели применяется методика сиквенс-стратиграфии, широко использующаяся по всему миру [2].

Для построения тектонической модели используются данные различного масштаба и методов различной физической природы: описания керна и обнажений, сейсмической интерпретации, магниторазведки, дистанционных методов и физического моделирования. На сегодняшний день определяющую роль в построении тектонической модели играют данные 3D сейсморазведки, позволяющие протрассировать и увязать в единую систему нарушения для каждого пласта в разрезе. На основе этой информации выполняется комплексный палеотектонический и тектонофизический анализ, позволяющий вместе получить целостную картину тектонического развития территории за геологическое время, оценить степень влияния нарушений друг на друга и на геологическую модель резервуара [3].

На некоторых месторождениях для оценки достоверности геологических моделей используются результаты бурения и методы кросс-валидации. Применяется и многовариантное геологическое и фильтрационное моделирование, когда на основе адаптации фильтрационной модели к истории разработки отбираются те варианты геологической модели, для которых гидродинамические модели оптимально согласуются с фактическими данными.

Данные, собранные из различных источников, загружаются в программный продукт моделирования, где создается новый рабочий проект. Большинство современных пакетов геологического моделирования, применяемые на Припятском прогибе (Petrel, IRAP RMS, Gocad), имеют файловую организационную структуру, например, для создания геологических моделей подсолевых карбонатных и терригенных залежей нефти Вишанского месторождения использовался программный комплекс Petrel («Schlumberger»). На базе созданных геологических моделей при помощи гидродинамического симулятора были сформированы фильтрационные модели рассматриваемых объектов разработки. При выборе размеров области построения геологической модели, в первую очередь, учитывалась история разработки и существующий режим эксплуатации моделируемого объекта. Важным условием является установление связи между нефтеносной и водоносной областями залежи, а также характера влияния законтурной

области и нагнетательных скважин на работу добывающего фонда. Определение размеров ячеек по латерали в большей степени зависело от плотности сетки добывающих скважин, изменчивости структурного плана и фильтрационно-емкостных свойств вмещающих пород. При определении размера блоков сетки по латерали особое внимание уделялось общему количеству ячеек в трехмерной модели, так как оно зависит от мощности используемой вычислительной техники. Ориентация блоков сетки была согласована с преимущественной ориентацией тектонических границ залежи. При вертикальном расчленении разреза на слои учитывалось условие, согласно которому каждому элементарному геологическому слою должна соответствовать минимум одна ячейка в модели по вертикали. Таким образом, удалось сохранить все, выделенные по ГИС, пропластки коллектора. В результате вертикального разбиения модели количество слоев составило 196, суммарное число ячеек в модели – 1575м056. В целях последующего гидродинамического моделирования данная модель была загружена при помощи модуля Upgridding Utility [4].

Исходная геологическая модель ланско-старооскольской залежи Вишанского месторождения содержит более 1 млн ячеек, что при имеющемся техническом оснащении не позволяет вести расчеты в гидродинамическом симуляторе. Поэтому для оптимизации времени расчета было проведено вертикальное перемасштабирование геологической модели при помощи модуля Upgridding Utility (программа Petrel). В качестве контролирующего свойства был использован куб литологии, при этом объединялись соседние слои, отличающиеся друг от друга не более чем на 5 %. Для описания распределения коллекторов и ФЕС в объеме залежи каждой ячейке в гидродинамической модели были присвоены значения литологии, пористости, насыщенности и проницаемости. Все эти параметры осреднены из исходной геологической модели посредством модуля Upgridding Utility, и средние значения ФЕС по моделируемому объекту остались неизменными. Геологические запасы составили на 2,2 % меньше, чем в исходной модели. Средний размер одной ячейки в модели в разрезе составил 2,31 м. Однако в перемасштабированной модели имеются слои около 0,4 м, описывающие все маломощные пропластки коллекторов, выделенные по ГИС.

Протяженность пластов (радиус влияния) в скважинах определялась путем сопоставления детальной корреляции разрезов скважин. Результаты интерпретации ГИС – характер насыщения (нефть, вода) и пористость, по пропласткам – формировались на основе обработки промыслово-геофизических данных по скважинам.

Контроль внесенной исходной информации осуществлялся путем сравнения материалов из базы данных и полученных в цифровой геологической модели. Для этого были построены гистограмм распределения, карты параметров и кросс-плотов в программном комплексе Petrel и сравнение их со значениями по скважинам и исходными картами.[5]

Множество публикаций в зарубежных и отечественных промышленных изданиях посвящены успешным проектам, в ходе которых на основании комплексирования высококачественных данных ГИС и 3D сейсморазведки, удается получить кубы литотипов и пористости продуктивных отложений, а в некоторых случаях даже моделировать насыщение ловушек.

Таким образом, цифровые геологические модели – это мощный инструмент для принятия решений, и они стали неотъемлемым инструментом в нефтегазовой отрасли. Их качество напрямую влияет на эффективность разведки и разработки месторождений. Современные технологии открывают новые возможности для создания более точных и детализированных моделей.

Литература

1. Современные проблемы геологического картирования : материалы X Унив. геол. чтений, Минск, 14–15 апр. 2016 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: В. И. Зуй (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 4–5.
2. Билибин, С. И. Технология создания и сопровождения трехмерных цифровых геологических моделей нефтегазовых месторождений: на основе интеграции данных петрофизики, ГИС и сейсморазведки : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 25.00.10 / Билибин Святослав Игоревич. – М., 2010. – 45 с.
3. Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 6 окт. 2022 г. – СПб., 2022.
4. Алешин, А. С. Цифровые модели в геологии нефти и газа / А. С. Алешин. – М. : Недра, 2015.
5. Основы трехмерного цифрового геологического моделирования : учеб. пособие / К. В. Абабков, Д. Д. Сулейманов, Ш. Х. Султанов [и др.]. – Уфа : Нефтегаз. дело, 2010. – 199 с.

**ОПИСАНИЕ И СРАВНЕНИЕ ВИДОВ МНОГОСТАДИЙНОГО
ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ СКВАЖИН
БАРСУКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ**

А. А. Комарницкий

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

И. С. Шепелева, О. Л. Войтехин, К. В. Мироненко

РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», г. Гомель

Рассмотрены особенности применения многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) для интенсификации добычи трудноизвлекаемых запасов на примере Барсуковского месторождения. Приведено описание различных технологических подходов к МГРП и их сравнительный анализ. Выделены преимущества технологии Plug & Perf, использованной на месторождении, а также полученные результаты по увеличению дебита и снижению обводненности продукции. Установлено, что применение МГРП позволило достичь начального дебита до 50 м³/сут при стабильной работе скважины в первые месяцы эксплуатации.

Ключевые слова: многостадийный гидроразрыв пласта, трудноизвлекаемые запасы, горизонтальная скважина, технология Plug & Perf, Барсуковское месторождение, интенсификация добычи, дебит скважины.

Многостадийный гидроразрыв пласта (МГРП) – это современный и высокоэффективный метод интенсификации добычи углеводородов, особенно в условиях плотных низкопроницаемых коллекторов. МГРП представляет собой последовательное проведение гидроразрыва в нескольких интервалах ствола скважины, применяется преимущественно в горизонтальных и наклонно-направленных скважинах.

Главные цели проведения МГРП заключаются в увеличении эффективной площади дренирования, повышении продуктивности и вовлечении в разработку ранее неосвоенных участков залежей. К задачам относятся: создание трещин в пласте, улучшение фильтрационных свойств призабойной зоны, равномерное распределение дебита по всему стволу, а также достижение экономической эффективности разработки месторождений.

Метод широко применяется в горизонтальных скважинах и зарекомендовал себя как один из ключевых инструментов для освоения трудноизвлекаемых запасов, особенно в зрелых, низкопроницаемых месторождениях.