

Роль геофизических исследований в нефтегазовом сервисе при разведке и сопровождении разработки месторождений углеводородов



Кириллов С.А., Горбунов В.И. ОАО "ЦГЭ", г. Москва

Введение.

Анализ состояния и качественной структуры запасов и ресурсов нефти показывает, что в «старых» нефтедобывающих регионах (Волго-Урал, Нижнее Поволжье, Северный Кавказ) ожидается снижение уровней добычи более чем в 2 раза. Вместе с тем существенные потенциальные возможности сырьевой базы, прежде всего большие запасы не введенных в разработку месторождений севера европейской части России, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока и шельфа о-ва Сахалин, позволяют прогнозировать повышение годового уровня добычи нефти в России до 370-375 млн. т в 2010-2020 гг. (максимальный вариант) с последующим снижением примерно до 310 млн. т в 2030 г. [1]

объемов геолого-разведочных работ, что объясняется необходимостью поддержания собственных сырьевых баз нефтегазодобывающими предприятиями – в 2008 году объем ГРП прогнозируется на уровне 125% к 2004 году.

С момента возникновения первых промыслов и до сегодняшнего дня единственным инструментом выявления и освоения месторождений углеводородов считается бурение поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин.

Поэтому, освоение нефтегазового месторождения ассоциируется, прежде всего, с выполнением буровых работ, однако это не совсем верно. Бурение – это лишь одна из промежуточных операций в длинной технологической цепочке. Важную роль в нефтегазовом сервисе несут геофизические методы поисков, разведки и сопровождения разработкой месторождений углеводородов: бурению предшествует выбор точек бурения, для чего нужно определить местоположение скважины на залежах и обосновать ее координаты, определение внешних и внутренних контуров залежи, определение контактов ВНК и ГНК и т.д.

Кроме того, сам процесс бурения связан с различными параллельными работами в скважине: операции цементирования, перфорации, проведения капитального ремонта скважины (КРС), применения методов увеличения нефтеотдачи (МУН) и пр. также тесно связаны с освоением месторождения. В широком смысле все виды работ по сооружению соответствующих объектов, проведению испытаний и исследований и т.д. можно отнести к сервисным услугам (и, таким образом, получить схематичное представление об основных видах сервисных услуг) (рис.2) [2].

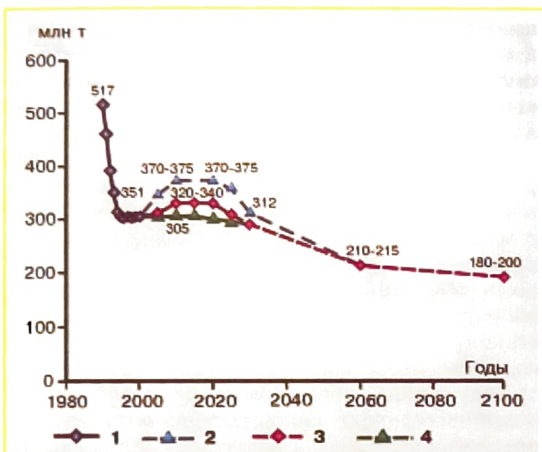


Рис. 1. Прогноз уровней добычи нефти с конденсатом в России в XXI в. 1 - фактическая добыча; прогнозируемая добыча; 2 - максимальный вариант; 3 - наиболее вероятный вариант; 4 - минимальный вариант

Так в нефтегазовой отрасли высокими темпами сокращаются легко доступные ресурсы сырья, усложняются горно-геологические условия добычи, и, как следствие, увеличиваются затраты и риски реализации соответствующих производственных программ.

В целом состояние нефтяной отрасли России характеризуется следующими проблемами:

- не удастся изменить тенденцию отставания приростов разведанных геологических запасов углеводородов от объемов их добычи; прирост запасов нефти и конденсата составляет в 2007 году порядка 70% от добычи.
- в 2005 году сохраняется тенденция сокращения темпов роста добычи нефти с 102,45 в 2005 году до 101,8 % в 2008 году. Это обусловлено в первую очередь ухудшением качества сырьевой базы отрасли, и ослаблением стимулов к интенсивному наращиванию добычи у нефтяных компаний в условиях увеличения налоговой нагрузки.
- В качестве перспективных направлений развития отрасли необходимо отметить увеличение



Рис. 1. Прогноз уровней добычи нефти с конденсатом в России в XXI в. 1 - фактическая добыча; прогнозируемая добыча; 2 - максимальный вариант; 3 - наиболее вероятный вариант; 4 - минимальный вариант

Определённый парадокс состоит в том, что уровень развития буровой техники и технологий, в принципе, соответствует сложности задач, подлежащих решению в процессе поисков залежей или их разработки. В то же время, ошибки при постановке задачи, например, приоритет валовых показателей в управлении, или «экономика» на геологических изысканиях, проектировании, а также научно-техническом сопровожде-

ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ



нии работ, приводят к тому, что этот уникальный (вместе с тем очень дорогой) инструмент зачастую работает неэффективно. По усредненным мировым показателям успешность поискового бурения оценивается до 30%; разведочного в пределах 40-60%; а эксплуатационного - 80-95%. Таким образом, существуют значительные резервы в сокращении непродуктивных затрат времени и финансовых средств. Использование этих резервов, принципиально положительно повлияет как на базовые показатели производства, так и на инвестиционную привлекательность соответствующих проектов или предприятий.

В настоящее время пространственные сейсмические наблюдения становятся все более распространенным видом геологоразведочных работ. По всему миру существует тенденция увеличения объемов пространственной сейсморазведки. На этапе детализации и мониторинга разработки месторождений трехмерные сейсмические наблюдения не имеют аналогов по информативности среди других наземных геофизических методов.

Сегодня, очевидно, что влияние площадной 3D сейсморазведки на технологию разведки и разработки месторождений углеводородов превзошло самые оптимистичные прогнозы. Так, благодаря ее широкому применению увеличился процент успешного бурения, существенно возросла извлекаемость сырья и т.д. Все это в результате кардинально скорректировало экономические показатели добычных проектов, сделало их более привлекательными для недропользователей и инвесторов. Кроме того, 3D сейсморазведка впервые предоставила геологам, геофизикам и промысловикам возможность получать визуальную и количественную информацию о строении среды в межскважинном пространстве, формируемую по результатам кинематического и динамического анализа сейсмического поля и скважинной информации.

Благодаря возможностям данного метода сейсморазведки значительно расширился и спектр решаемых геологических задач. Кроме создания трехмерной модели по всему изучаемому разрезу, перед пространственной сейсморазведкой ставится задача прогнозирования и изучения фильтрационно-емкостных свойств в широком целевом интервале глубин.

Развитие и внедрение за рубежом современных систем обработки и интерпретации сейсмических материалов, позволяющих решать подобные задачи, привело к повышенному спросу на данные услуги и в России. В кратчайшие сроки произошло техническое перевооружение геофизических организаций, и в настоящее время все ведущие компании отрасли предлагают свои услуги по выполнению трехмерных сейсморазведочных исследований.

Геологическое и гидродинамическое моделирование

В качестве одного из возможных путей решения непростой проблемы поиска и разработки залежей в сложных горно-геологических условиях можно предложить развитие и совершенствование принципов и компьютерных методических приемов моделирования залежей углеводородов (геологическая модель) и моделирования протекающих в залежи процессов (фильтрационная модель).

Наличие длительной истории разработки

месторождения также способствует уточнению геологического строения. Увязка геологической модели и истории разработки является важнейшим элементом технологии моделирования месторождения. Это связано с существенно лучшим набором геофизических и промысловых данных и с необходимостью учета фактической работы пластов и отдельных прослоев.

Практический выход из результатов пространственного геологического моделирования очевиден – это более детальное и адекватное представление геологических объектов для выполнения гидродинамических расчетов и выбора оптимальных режимов эксплуатации объекта. Увязка геологической модели и истории разработки является важнейшим элементом технологии моделирования месторождения (резервуара). В свою очередь это обуславливает необходимость использования существенно лучшего набора геофизических и промысловых данных, учета фактической работы пластов и отдельных прослоев уже на этапе геологического моделирования.

В более узком смысле, с точки зрения геофизики, к сервисным услугам относят проведение комплекса геологических, геофизических и промысловых работ в скважинах на месторождениях углеводородов для построения геолого-технологических моделей, а значит и уменьшение экономических рисков при бурении и разработке залежи.

Геологическая модель является основой для проектирования технологических показателей разработки и расчета уровней добычи по годам, то есть в конечном итоге определяет эффективность инвестиций и уровень дохода от вложенных в обустройство месторождения средств. Точность прогноза этих показателей зависит от степени соответствия геологической модели реальному строению месторождения.

Построение геологических моделей месторождений одновременно с бурением новых скважин, проведением геолого-технологических мероприятий в существующем эксплуатационном фонде показывает, что процесс построения и, что более существенно, сопровождения геологической модели должен проводиться на всех этапах эксплуатации месторождения.

Как показывает опыт моделирования, степень несоответствия модели и действительного строения месторождения, определяемая сопоставлением с вновь полученными данными, в общем случае зависит от сложности геологического строения залежи. В простых геологических условиях строение залежей и запасы подтверждаются с погрешностью в диапазоне 15%, а на месторождениях со сложным геологическим строением - в диапазоне 50%. Здесь для оценки качества геологических моделей необходимы программные средства для экспертизы качества построения моделей.

Цифровая геологическая модель должна быть единой для всего месторождения или для всего продуктивного пласта на определенный момент времени и использоваться на всех уровнях геологических служб добывающих предприятий, также как ранее использовались карты параметров месторождения, с целью:

- проектирования геологоразведочных работ;
- корректировки ковра бурения;
- подготовки и технико-экономического обоснования инвестиционных проектов;

- планирования прироста запасов;
- планирования изменения категорийности запасов.

При построении геологических моделей крупных длительно разрабатываемых месторождений особенно актуальной является задача увязки разнородной и разномасштабной по своей природе информации. Кроме сейсмических и первичных геолого-геофизических данных, необходимо использовать широкий набор промысловой информации, данные ГИС-контроля и другие сведения для возможно более полного учета влияния разработки. Сюда входят сведения о перфорации в скважинах, детальная информация по добыче и закачке, результаты гидродинамических исследований добывающих и нагнетательных скважин, сведения о пластовых давлениях, данные по капиллярным давлениям пластовых флюидов в различных средах. Необходимо также обобщать такие изменения начального состояния залежи, как подъем ВНК, движение положения внешнего и внутреннего контуров, уменьшение коэффициента насыщения, техногенные искажения структуры коллектора (после ГРП), чаще всего выражающиеся в изменении коэффициента проницаемости отдельных прослоев.

Указанная информация ранее привлекалась только на этапе фильтрационного моделирования.

Теперь для корректного картирования продуктивных тел сложной конфигурации и различного фациального состава в трехмерном пространстве необходимо учитывать фактическую работу пластов и прослоев, время прохождения фронта и направление движения нагнетаемых вод, объемы добычи и закачки для сопоставления их с размерами отдельных продуктивных пропластков. Так как фильтрационно-емкостные свойства связаны с эффективной толщиной пластов, то карты эффективных толщин необходимо строить с учетом приемистости скважин, дебита, обводненности. Необходимо также сопоставлять карты или кубы, характеризующие неоднородность пласта (песчанистость, пористость, проницаемость и т.д.), с данными добычи на разный момент времени разработки месторождения.

На практике широко используются геолого-технологические модели (ГТМ) месторождений, залежей, объектов разработки. Принципиально, методические положения построения и использования цифровых ГТМ сформированы за последние 5-7 лет ЦКР и развиваются передовыми добывающими и сервисными компаниями мира в направлениях совершенствования вычислительных технологий анализа геолого-геофизической и промысловой информации, геологического и гидродинамического моделирования, а также технологических процессов разработки и эксплуатации залежей.

Постоянно действующие ГТМ нефтегазопромыслового объекта объединяют функции геолого-геофизического и гидродинамического моделирования на всех этапах и стадиях поисков, разведки, разработки и эксплуатации месторождений углеводородного сырья и определяет:

- содержательные параметры естественного резервуара (геологические характеристики, петрофизические свойства пород и флюидов, ресурсы углеводородов);
- структурные и количественные характеристики технологических схем и процессов добычи

(технические, гидродинамические, определяющие производительность и т.д.).

В ГТМ сохраняется унификация формы представления всего комплекса геолого-геофизических и промысловых данных об объекте разработки с операционной поддержкой современными информационно-вычислительными средствами. Сохраняются также функции сопровождения (мониторинга) комплекса моделирования производственных и технологических процессов разработки залежей углеводородов.

Кроме сейсмических и первичных геолого-геофизических данных в моделировании используется широкий набор промысловой информации, данные ГИС-контроля и другие сведения для более полного учета влияния разработки залежи. Сюда входят сведения о перфорации в скважинах, детальная информация по добыче и закачке, результаты гидродинамических исследований добывающих и нагнетательных скважин, сведения о пластовых давлениях и т.д.

В результате создается объемная геологическая модель современного строения нижнего геологического полупространства, в том числе и продуктивных пластов. Модели, полученные по совокупности информации 3D сейсморазведки и ковра разведочных скважин, являются основой подсчета запасов – заключительной стадии разведки.

Информационная база геолого-геофизических и промысловых данных

Процесс всестороннего моделирования месторождений является информационной базой, позволяющей решить основную проблему нефтедобычи – выбор обоснованных решений по бурению конкретной скважины, проведению конкретного геолого-технологического мероприятия. Цифровые геологическая и гидродинамическая модели залежи должны всегда существовать, постоянно обновляться на основе геолого-геофизических и промысловых данных и использоваться на всех этапах разработки месторождения.

ОАО «Центральная геофизическая экспедиция» базируясь на накопленном опыте и новых идеях комплексного использования всех имеющихся геолого-геофизических и промысловых данных, выполнила разработку производственного математического обеспечения технологии ДВ (Динамического Видения) для построения 2D/3D сейсмогеологической модели, геологического 2D/3D моделирования нефтегазовых залежей и подсчета запасов и моделирования нефтегазовых залежей и процессов разработки, в том числе в 4-х-мерной метрике.

Необходимым элементом технологии ДВ является визуализация и протоколирование исходных данных и результатов расчета на любом этапе моделирования и обеспечение вывода табличной и графической информации в соответствии с утвержденными РД.

Информационно-аналитическая система построения моделей нефтяных месторождений создана специалистами ЦГЭ. Ключевыми особенностями системы является возможности интеграции информации, получаемой из различных источников, компьютерная технология обработки информации, создание динамических визуальных образов для принятия решений.

В отличие от технологий, предлагаемых при традиционном подходе к построению ПДГМ, технология, реализованная в системе, направлена



МОНИТИНГ И АНАЛИЗ

ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ



на оперативное решение практических задач с использованием данных реального качества и полноты, существующих в России.

В составе интегрированного программного комплекса ДВ предусмотрены также технологические элементы, ориентированные на новые методы исследований, которые разрабатываются сегодня и будут внедряться в практику геофизических работ в ближайшее время.

В частности, применение методов трёхмерной электрометрии и сейсмoeлектрометрии высокого разрешения [3] потребует не только совершенных средств визуализации распределения в нижнем полупространстве измеряемых величин (например, комплексного волнового сопротивления) но и построения аппарата автоматизированного анализа данных в комплексе с сейсморазведкой и ГИС.

Ещё более перспективным направлением является развитие пространственной сейсморазведки [4] с регистрацией (а в перспективе и с возбуждением) упругих волн во внутренних точках среды. Особенно актуальными такие исследования являются для изучения нефтегазоносных объектов в процессе их разработки.

ДВ поддерживает проектную базу данных, реализующую различные варианты взаимодействия с внешними информационными структурами. Варианты выбираются геологом исходя из достоверности исходной геолого-промысловой информации. Внутренняя структура базы данных позволяет вносить коррективы в данные по скважинам, имеющим неправильные замеры кривизны ствола, отбивки ВНК, а также проверять правильность отбивок положения кровли и подошвы ствола, другие характеристики. Это дает возможность интегрировать и проверять информацию, получаемую из различных структурных подразделений НГДУ и сервисных организаций (цеха добыча нефти и газа, ЦНИПРА, геофизической партии, АСУ и т.п.).

База данных интегрирует в себя все операции с данными выполняемых при эксплуатации системы. Она содержит набор возможностей, обеспечивающих движение информации от исходных данных через последовательную обработку до конечного результата. База обеспечивает согласование разнообразных потоков данных в системе в целом, ведение версий информационных ресурсов, преобразование форматов информации, контроль доступа к информации и ряд других операций.

Информация в системе претерпевает в целом качественные изменения и включает возможности приема данных каротажа, инклинометрии, сейсморазведки, промысловых данных по закачке, добыче и результатам исследования скважин, информацию по датам и видам геолого-технических мероприятий и т.п.

Развитие отечественных информационных технологий, разрабатываемых в государственных или частных компаниях, должно быть поддержано и нефтяными компаниями и государством. Это важнейший момент поддержки собственного интеллектуального производителя, совершенных программно-математических продуктов, сопровождающих одно из главных направлений развития российской экономики. Необходимо создавать базу данных сервисных нефтегазовых работ на российских месторождениях, с целью ознакомления государственных органов с развитием, наращиванием работ ГРП на

российских месторождениях (использованием российских или зарубежных компаний, государственных или частных и т.д.), т.е. желателен мониторинг по всему комплексу сервисных нефтяных работ.

Заключение.

Что нового можно ожидать в нефтегазовой сфере в ближайшее время.

Развитие аппаратуры, методики и вычислительных технологий сейсморазведочных работ 2D/3D высокого разрешения с целью оценки новых источников ресурсов на основе выделения малоамплитудных разломов, элементов сдвиговой тектоники и т.д.

Внедрение новых методов комплексных геофизических исследований для изучения деталей структуры, строения, свойств и насыщенности геологических образований с целью достоверного прогноза ресурсов сырья, выбора и сопровождения оптимальных схем их освоения.

Использование сетевых информационных технологий в совокупности с универсальными средствами динамического видения для реализации систем распределённого оборота данных между сервисными и добывающими структурами, включая в том числе - сегментирования системы данных геологотехнологической модели месторождения в целом по отдельным лицензионным территориям, участкам работ отдельных предприятий и т.д.

Создание средств контроля эффективности технологий повышения извлекаемости продукции, в первую очередь - гидроразрывов, параметры включая раскрытия и ориентации трещин (пассивная сейсморазведка).

Режимный контроль (мониторинг) состояния объекта в процессе разработки, включая положение контактов флюидов и характеристик насыщенности пластов.

Изучение динамики изменения свойств продуктивных образований в процессе эксплуатации (нефтенасыщенности, ВНК, прорывов воды и т.д.) при помощи с использованием электрического, термо-и барокортажа, использующих с измерением высших производных потенциала.

Изучение полей нефтенасыщенности с целью выявления «целиков» по объектам в пределах объектов разработки и гидродинамических связей между ними.

Изучение свойств вязких нефтей в естественном их залегании с целью выбора оптимальных, рентабельных режимов добычи.

Литература:

1. Гриценко А.И. (ОАО "Газпром"), Крылов Н.А., Аленин В.В., Ступаков В.П. (ВНИИГаз). Нефть и газ России В XXI в.: Прогноз добычи и развития сырьевой базы., 2001.
2. Лаптев В.В. Проблемы государственной политики России в сфере нефтегазового сервиса. Геофизика, №3, 2007, с. 40-51.
3. Высокоразрешающая электроразведка. Монография. - Новороссийск: МГА им. Ф.Ф. Ушакова, 2006. - 40 с.
4. К.В. Баранов, В.С. Бикеев, Н.В. Стариков, А.А. Табаков. Результаты применения методик «3D+ВСП локальный проект» и «2D+ВСП локальный проект» в условиях Западной Сибири. Технологии сейсморазведки. 2004. 1. С. 19-22.