

ТЕХНОЛОГИЯ ACDV: АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН В ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЕ

И.С.Гутман*, И.Ю.Балабан*, Г.П.Кузнецова*, В.М.Староверов*,
А.С.Кашик**, Г.Н.Гогоненков**, М.В.Перепечкин**, Е.В.Ковалевский**
**РГУ ИГ им.Губкина, г.Москва, ** ОАО «ЦГЭ», г.Москва*

ACDV TECHNOLOGY: AUTOMATE WELL-TO-WELL CORRELATION IN A 3D VIEWING SPACE

I.S.Gutman*, I.J.Balaban*, G.P.Kuznetsova*, V.M.Staroverov*,
A.S.Kashik**, G.N.Gogonenkov**, M.V.Perepechkin**, E.V.Kovalevskiy**
**Gubkin State University of Oil and Gas, Moscow, **CGE JSC, Moscow*

Аннотация

Выполненная работа касается построения геологической модели природного резервуара углеводородов на площади с большим числом скважин. В этих условиях важнейшим и самым трудоемким этапом моделирования является детальная корреляция скважин по данным ГИС. Для ускорения и повышения достоверности корреляции скважин предлагается технология ACDV, которая является результатом интеграции двух программных продуктов - AutoCorr (автоматическая корреляция) и DV-Geo (динамическая визуализация).

Суть этой интеграционной технологии в следующем. На первом этапе, автоматическая корреляция прослеживает по всем скважинам небольшое число устойчивых опорных реперов (стратиграфических поверхностей). Кроме этого, в ходе автоматической корреляции рассчитывается набор отметок в более изменчивых частях разреза, где автоматика должна быть проконтролирована человеком. Используя поверхности устойчивых реперов в качестве направляющего каркаса, выполняется интерполяция каротажных кривых в межскважинное пространство, то есть рассчитываются кубы каротажных параметров. Исследование этих кубов при помощи средств динамической визуализации (подвижными слайсами) позволяет увидеть детальную стратиграфическую картину, с использованием которой задача контроля и редактирования правильности отметок автоматической корреляции в изменчивых частях разреза становится более простой, а результаты такой работы более надёжными.

Abstract

The work we have completed is related with building a reservoir model for a field having a large number of wells. In these conditions, a detailed well-to-well log correlation is a highly critical and most labor-intensive phase of the model building process. To speed up the inter-well correlation and enhance its veracity, an automatic correlation and dynamic visualization (ACDV) technology is proposed. This technology is essentially as follows. The automatic correlation tracks a few consistent key markers (stratigraphic surfaces). Using these surfaces as a guiding framework, we interpolate the log curves into interwell space. That is, we compute cubes (volumes) of well logging parameters. We call such a cube as Visual Correlation Environment. Examination of these cubes by dynamically viewing (slicing) them allows us to see the stratigraphy in much greater detail than is defined by key markers. Using Visual Correlation

Environment, the detailed well-to-well correlation becomes much more simple process leading to more reliable results.

Постановка задачи

Рассматривается площадь, разбуренная эксплуатационной сеткой скважин. В этих условиях модель природного резервуара углеводородов строится в основном по данным ГИС. Сначала опытный геолог выполняет детальную корреляцию скважин. Затем по корреляционным отметкам на скважинах (и, возможно, с учетом сейсмических данных) интерполируются стратиграфические поверхности, то есть рассчитывается каркас модели, в который затем вписывается стратиграфическая сетка. Последняя обеспечивает наиболее достоверную интерполяцию скважинных данных о свойствах среды в трехмерном пространстве. При интерполяции свойств, а также при интерполяции поверхностей могут использоваться как детерминированные, так и стохастические методы. Эта общепринятая технология геологического моделирования является чрезвычайно эффективной, но она очень чувствительна к ошибкам на этапе ручной корреляции скважин. Кроме того, этап такой корреляции скважин по данным ГИС является наиболее трудоемким, особенно при большом количестве скважин.

Идея реализовать автоматическую корреляцию скважин с использованием компьютера не нова. Ведь очевидно, что геолог не в состоянии точно сопоставить каждую, допустим, из сотни скважин с каждой из пяти-шести, окружающих ее. При таком сопоставлении необходимо принимать во внимание данные всех наличных методов ГИС, каждый из которых по-своему отображает случайные и регулярные свойства геологической среды. Без снижения внимания проделать такую большую работу мог бы только компьютер. Однако реализовать автоматическую корреляцию на практике оказалось не так просто.

Трудности автоматической корреляции связаны с тем, что стратиграфические маркеры на скважинах, определяя геометрический каркас модели, фактически закрепляют некоторую гипотезу в отношении генезиса исследуемого геологического объекта. Это означает, что они должны выражать не только формальное сходство каротажных кривых, но и наши неформальные знания о законах образования геологической среды, обстановках осадконакопления и постседиментационных процессах. Следовательно, для эффективного решения задачи корреляции скважин необходим некоторый интегрированный подход, сочетающий как формальную, так и неформальную часть.

Ниже описывается интегрированная технология, которую можно назвать так - "автоматическая корреляция и динамическая визуализация (ACDV)".

Автоматическая корреляция и динамическая визуализация

Первым ключевым элементом технологии являются программные средства автоматической корреляции скважин по данным ГИС. В технологии

ACDV реализованы два типа автоматических процедур - детальная автоматическая корреляция [1] и автоматическая корреляция интервалов скважин [2]. Детальная автоматическая корреляция скважин в системе AutoCorr позволяет быстро проследить на всех скважинах некоторое число устойчивых опорных реперов и одновременно рассчитывает набор менее устойчивых детальных границ. По реперам рассчитываются направляющие поверхности и выполняется детерминированная интерполяция каротажных кривых, то есть вычисляются кубы значений параметров, которые были измерены методами ГИС. Затем, посредством выравнивания тех же самых направляющих поверхностей, выполняется палеореконструкция этих кубов.

Получаемые описанным способом палеореконструированные кубы каротажных параметров мы называем визуальной средой корреляции (ВСК). Работа с визуальной средой (анализ седиментационной обстановки, прослеживание видимых горизонтов, редактирование автоматических реперов) идет при помощи инструментов динамической визуализации. Последние есть программные средства, позволяющие сканировать движущимися слайсами, то есть отображать в динамике, кубы данных большого объема. Динамическая визуализация является вторым ключевым элементом описываемой технологии.

Когда ВСК исследуется при помощи инструментов динамической визуализации, для зрительного восприятия раскрывается пространственная конфигурация выявленных по данным ГИС особенностей исследуемого объекта, что помогает дать им правильную интерпретацию. Важно, что получаемая с помощью опорных реперов визуальная среда достаточно детально показывает и те области, где детальная автоматическая корреляция может быть неустойчивой. Именно в этих областях осадконакопление шло наиболее сложным образом. Часто такие области связаны со сменой обстановки осадконакопления и приурочены к границам древних русел, дельт, баров и т.п. Поэтому мы используем ВСК для контроля и редактирования результатов автоматической детальной корреляции всего разреза, т.е. корреляции, прослеживающей не только опорные репера, но и тонкую структуру пропластков с детальностью приближенной к детальности гидродинамической сетки.

Таким образом, интегрированная технология ACDV позволяет не только безошибочно прослеживать чёткие стратиграфические реперы, но и выполнить надёжную детальную корреляцию во всех частях разреза, в том числе имеющих очень сложное геологическое строение.

Пример использования

Ниже приведен пример опробования технологии ACDV, касающийся площади месторождения с разрезом карбонатного происхождения. Решается задача детальной корреляции 78 скважин. Автоматическая корреляция была выполнена с учётом методов IK, PZ, GK, NGK, PS. Показана визуальная среда корреляции, полученная интерполяцией каротажных кривых метода PZ. Вместе с названными каротажными кривыми на скважинах представлены

отметки детальной автоматической корреляции. Выделены реперы, ассоциированные с выдержанными пластами и принятые в качестве опорных. Визуальная среда показана в условиях палеорекострукции - отметки опорных реперов лежат строго горизонтально. Области, выделенные красным цветом, интерпретируются как биогермы. Ручная правка, в которой нуждаются отметки автоматической корреляции, не очень велика.

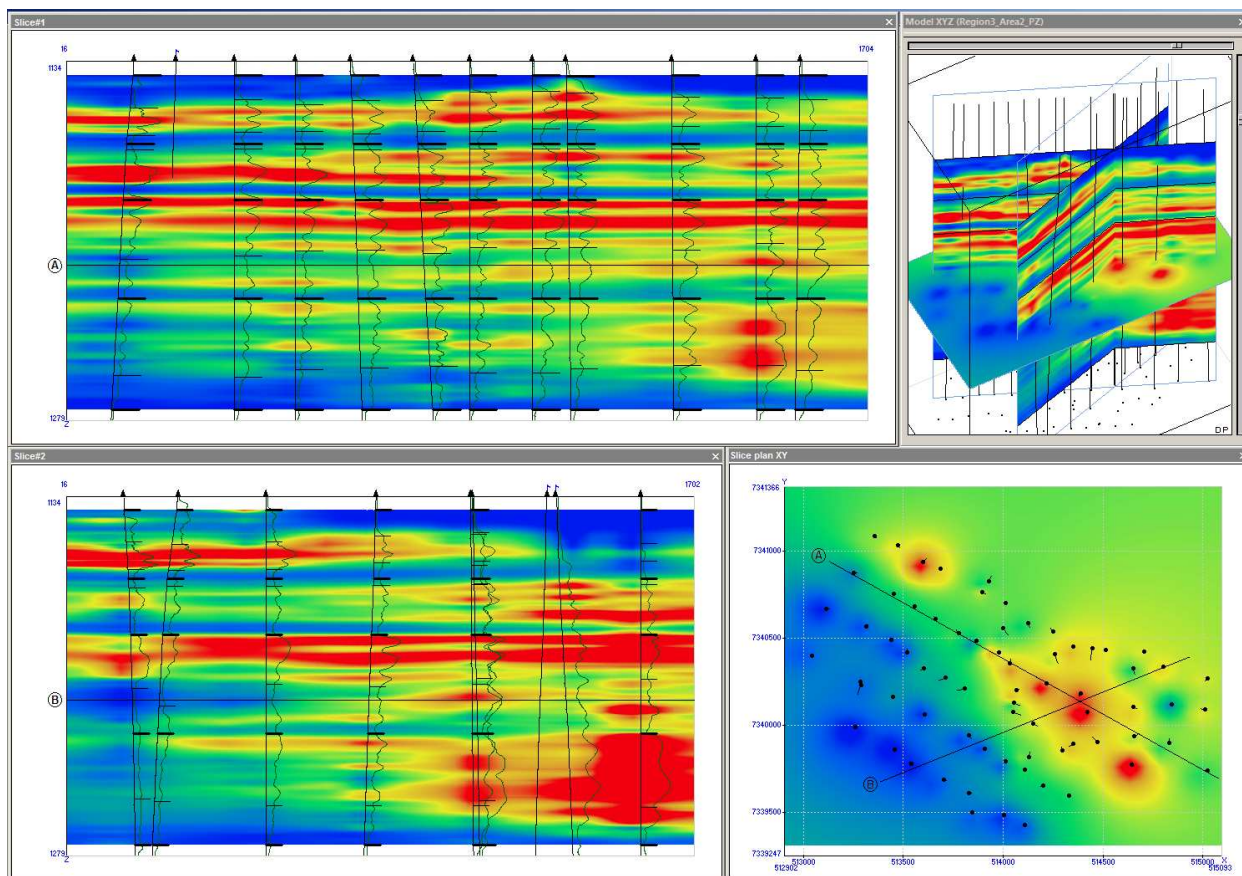


Рис. 1. Применение технологии ACDV в условиях карбонатного разреза. Визуальная среда рассчитана интерполяцией кривых метода PZ.

Заключение

Предложенный подход позволяет в короткие строки выполнять детальную корреляцию скважин на площадях с большим и очень большим числом скважин. Как правило, в ходе этой работы выявляются ранее неизвестные особенности строения месторождения, важные с точки зрения его разработки. Технология ACDV обеспечивает два наиболее существенных качества геологического моделирования - скорость и достоверность.

Литература

1. Гутман И.С., Балабан И.Ю., Кузнецова Г.П., Староверов В.М. [2006] Моделирование залежей углеводородов. Корреляция разрезов скважин в автоматическом и полуавтоматическом режиме с помощью программы "AutoCorr". SPE 104343. Российская нефтегазовая техническая конференция.

Москва 3-6 октября 2006.

http://www.autocorr.stargeo.ru/autocorr/Art2006_10.pdf .

2. Ковалевский Е.В., Гогоненков Г.Н., Перепечкин М.В. [2007] Автоматическая корреляция скважин на основе формализации неопределенности. Международная конференция «Тюмень 2007», 4-7 декабря 2007 г. http://www.centralgeo.ru/uploads/file/Conf_2007 .

3. Гутман И.С., Балабан И.Ю., Кузнецова Г.П., Староверов В.М., Кашик А.С., Гогоненков Г.Н., Перепечкин М.В., Ковалевский Е.В. Объединенная автоматизированная технология корреляции скважин по данным ГИС. Международная конференция «Санкт-Петербург 2010», 5-8 апреля 2010 г.

http://www.centralgeo.ru/uploads/file/Conf_2010/2010Kovalevskiy.pdf .

4. Гутман И.С., Балабан И.Ю., Постнова О.В., Руднев С.А., Саакян М.И. Программный комплекс АСДV для изучения осадконакопления в залежах углеводородов сложного геологического строения. Геофизика, №4, 2010, стр. 17-25.