

УДК 551.7.02

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЧЕСКОМУ СОПОСТАВЛЕНИЮ РАЗРЕЗОВ СКВАЖИН С УЧЕТОМ КОМПЛЕКСА РАЗНОРОДНЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Н. С. Бурлаков

*ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет
нефти и газа имени И. М. Губкина», г. Москва*

Рецензент канд. техн. наук, доцент Чен Син Э

Ключевые слова и фразы: геологическое моделирование; интегрированный подход; сопоставление разрезов скважин.

Аннотация: Дано описание компьютерной системы для автоматического сопоставления разрезов скважин с учетом комплекса разнородной геолого-геофизической информации. В основе работы системы лежит формализация имеющейся информации специальным образом, а также создание на ее основе критериев для улучшения качества автоматического распознавания границ пластов при процедуре сопоставления разрезов скважин.

Сопоставлением разрезов скважин называется выделение одноименных стратиграфических комплексов, горизонтов, пластов и определение глубин их залегания в различных скважинах, производимое, как правило, по каротажным кривым. Сопоставление разрезов скважин по каротажным кривым основано на том, что против некоторых пластов наблюдаются характерные особенности в конфигурации каротажных кривых. При этом обычно используются кривые электрического, гамма- и нейтронного гамма-каротажей, однако, комплекс каротажа может меняться в зависимости от вида полезного ископаемого, геологического строения района, технических условий бурения и т.п.

Наличие каротажных кривых по всей длине скважин, их детальность и резкое различие в конфигурации против отдельных пластов приводят к тому, что сопоставление разрезов скважин по каротажным кривым является основным средством сопоставления разрезов. Однако наилучшие результаты при сопоставлении разрезов скважин достигаются благодаря комплексной увязке всей доступной геологической и геофизической информации по месторождению.

Бурлаков Никита Сергеевич – аспирант кафедры «Прикладная математика и компьютерное моделирование», e-mail: nsburlakov@gmail.com, ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина», г. Москва.

Среди существующих систем автоматизации сопоставления разрезов скважин, позволяющих использовать не только данные исходного каротажа, можно выделить подход, основанный на построении трехмерной визуальной среды, получаемой в результате интерполяции значений каротажа в ячейки трехмерной сетки [1] и позволяющей эксперту визуально оценивать пространственную корреляцию свойства, а также подход, основанный на построении триангуляционной сети скважин с возможностью визуализации сейсмических профилей в окне сопоставления скважин [2]. Однако ни в одной из существующих систем, данные, отличные от каротажных, напрямую не участвуют в расчетах положения отбивок пластов, а используются, по большей мере, лишь для визуализации.

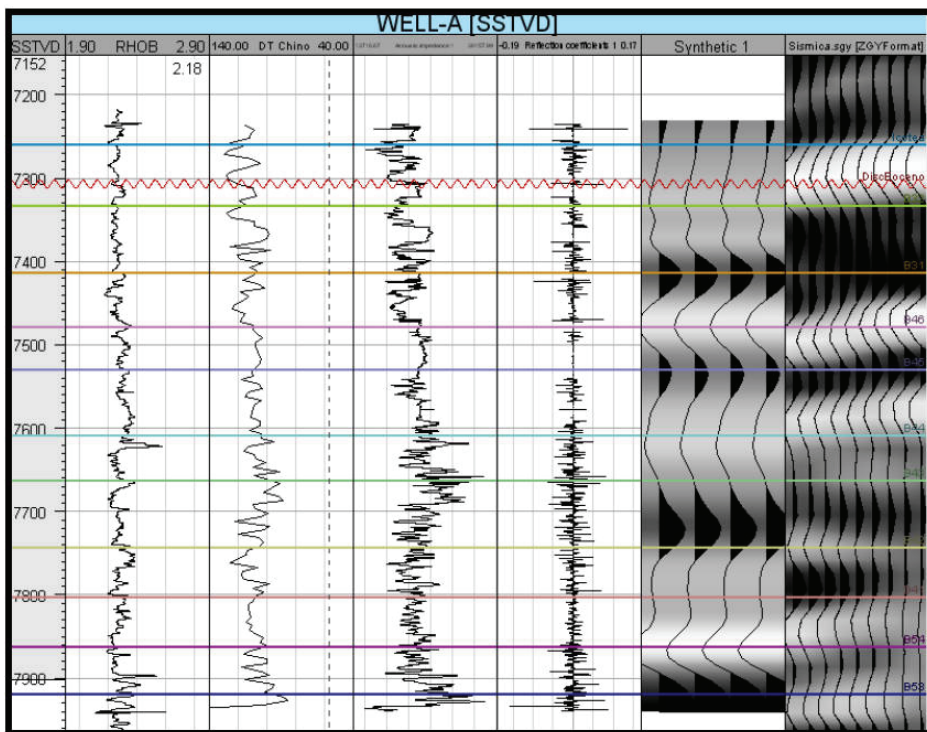
Предлагаем формальное описание интегрированной системы сопоставления разрезов скважин с комплексным учетом разнородной геолого-геофизической информации. В основе работы системы лежит формализация такой информации специальным образом, а также создание на ее основе критериев для улучшения качества автоматического распознавания границ пластов в системе сопоставления разрезов скважин. Рассмотрим подробнее детали предлагаемых методов.

Сейсмическая интерпретация горизонтов. На сегодняшний день результаты 2D- и 3D-сейсморазведки являются одним из важнейших источников структурных данных при моделировании месторождений нефти и газа. При проведении на месторождении комплекса сейсморазведки, как правило, имеется интерпретация основных отражающих горизонтов, которые, после преобразования из временного домена в глубинный, могут быть использованы как тренд для распознавания границ пластов по данным географической информационной системы (ГИС). Так как погрешность измерений сейсморазведки для целевых глубин на сегодняшний день в среднем составляет около 10 – 25 метров, то сначала система вычисляет перемасштабированный тренд $Trend_{scaled}$ по исходному тренду сейсмической интерпретации $Trend$, такой, что в точках скважин значения сейсмического тренда и глубинных отбивок совпадают. Для этого находится регрессионная зависимость между точками отбивок и значением в них тренда по методу наименьших квадратов: $Trend_{scaled} = aTrend + b$, где a – коэффициент сжатия/растяжения тренда; b – коэффициент сдвига тренда. Далее находится точка пересечения перемасштабированного тренда со скважиной, окрестность которой и является наиболее вероятным местонахождением искомой отбивки пласта.

Синтетические сейсмограммы. При проведении процедуры сопоставления разрезов скважин также представляется возможным использовать исходные волновые сейсмические профили в совокупности с синтетическими сейсмограммами для уточнения корреляционных гипотез. Для начала, для каждого глубинного индекса i скважины рассчитаем акустический импеданс $AI_i = V_i \rho_i$, где V_i – скорость, значения которой могут быть получены из акустического каротажа; ρ_i – плотность, значения которой получены из плотностного каротажа. Затем рассчитаем коэффициенты отражения $RC_i = \frac{AI_{i+1} - AI_i}{AI_{i+1} + AI_i}$ вдоль скважины и воспользуемся операцией свертки с извлеченным из сеймики (или статистическим) импульсом Ω

для получения синтетической сейсмограммы: $S(w) = RC(w) * \Omega(w)$, где w – заданная частота. Метод состоит в сравнении значений амплитуд синтетической сейсмограммы в окрестности отбивки пласта скважины с известной отбивкой со значениями амплитуд сейсмограммы на другой скважине в окрестности предполагаемой отбивки пласта. Если значения амплитуд приблизительно равны, то это увеличивает вероятность достоверности корреляционной гипотезы. На рисунке представлена иллюстрация метода. Как видно, в местах корреляционных гипотез по каротажу (горизонтальные линии) на сейсмических данных также отмечаются характерные пики амплитуд.

Фациальная интерпретация. При автоматическом расчете возможных положений отбивок пластов также могут быть использованы результаты петрофизической литофациальной интерпретации ГИС. Метод заключается в попарном сравнении скважин, для одной из которых глубина отбивки пласта известна (скважина $W_{изв}$), а для другой (скважина $W_{неизв}$) имеется лишь значение предполагаемой глубины данной отбивки. В случае, если в окрестности Δz этих глубин фации (или их доли в интервале) совпадают, то предполагаемая глубина залегания отбивки на скважине $W_{неизв}$ считается верной, а корреляционная гипотеза – согласованной с фациальной интерпретацией. Иначе гипотеза о наличии отбивки отвергается. В случае отсутствия данных ручной фациальной интерпретации предлагается использовать системы автоматической интерпретации фаций, аналогичные [3]. Однако эффективность таких алгоритмов сильно зависит от параметров обучения (обучающей выборки), и порой доля ошибки достигает 20 – 40 %.



Уточнение корреляционных гипотез по синтетической сейсмограмме

Региональные карты. В случае, если месторождение находится уже не на начальной поисково-разведочной стадии, как правило, имеются карты толщин, построенные по уже пробуренным разведочным скважинам или по региональным данным. Вычислим, используя карту толщин, глубину k -го пласта $z_k = \sum_{i=1}^k \Delta h_i$ на текущей скважине, где Δh_i – толщина i -го пласта. Теперь можно ограничить область поиска корреляционных гипотез с помощью окна Хэмминга, центрированного относительно z_k .

Вышеизложенный подход к использованию разнородных геолого-геофизических данных при процедуре автоматического сопоставления разрезов скважин протестирован на ряде трехмерных геологических моделей нефтегазовых месторождений различных регионов мира.

Полученные результаты позволяют сделать выводы о существенном превосходстве предлагаемого метода над стандартными подходами, учитывающими лишь исходные каротажные данные, благодаря учету дополнительно формализованной геолого-геофизической информации.

Список литературы

1. Ковалевский, Е. В. Автоматическая корреляция скважин на основе формализации неопределенности [Электронный ресурс] / Е. В. Ковалевский, Г. Н. Гогенков, М. В. Перепечкин // Центральная Геофизическая Экспедиция : офиц. сайт. – Режим доступа : http://www.cge.ru/?page=dvgeocorr_r. – Загл. с экрана.
2. Программный комплекс ACDV для изучения осадконакопления в залежах углеводородов сложного геологического строения / И.С. Гутман [и др.] // Геофизика. – 2010. – № 4. – С. 17 – 25.
3. Паклин, Н.С. Использование обучающихся алгоритмов для интерпретации данных ГИС / Н. С. Паклин, Р. А. Мухамадиев. – Бурение и нефть. – 2005. – № 5. – С. 38 – 40.

Integrated Approach to Automatic Well Section Matching with Account for Complex of Heterogeneous Geological and Geophysical Data

N. S. Burlakov

Russian State University of Oil and Gas named after I. M. Gubkin, Moscow

Key words and phrases: geological modeling; integrated approach; well section correlation;

Abstract: The paper describes a computer system for automatic match of well sections with account for complex of heterogeneous geological and geophysical information. The basis of the system is the formalization of such information in a special way, and the creation on its base the criteria to improve the quality of automatic recognition of bed boundaries for well section correlation procedure.

© Н. С. Бурлаков, 2013