

Оценка достоверности структурных построений способом многовариантной томографии

Андреев А.Ю.¹, Анисимов Р.Г.³, Кузилов И.О.², Кузнецов И.К.³, Кунин К.Н.¹, Силаенков О.А.³, Фиников Д.Б.³

¹ПАО «ЛУКОЙЛ» (г. Москва), ²ООО «ЛУКОЙЛ-КМН» (г. Калининград),
³ООО «Сейсмотек» (г. Москва)

Аннотация

Сегодня оценка рисков, связанных с экономической рентабельностью реализации нефтегазового проекта, является залогом экономического успеха проекта в целом. Полноценное решение данной задачи возможно только при выполнении анализа неопределённостей для каждого звена технологической цепи реализации проекта: методик полевых работ и параметров съёмки, качества сейсмических и скважинных данных, влияния процедур обработки, структурных построений и динамического анализа и т.д.

При том что исследование неопределённостей в настоящее время является довольно рядовой задачей во многих видах работ, оценка неопределенности для одного из самых значимых факторов, определяющего потенциальный объём залежи нефти и газа - структурного каркаса месторождения, остаётся, на наш взгляд, без должного изучения. В свою очередь на поведение структурного плана сказываются многие факторы, в частности качество и полнота полевой информации, а также сигнальная обработка и применяемые технологии построения ГСМ и получения мигрированного изображения.

Существующие геостатистические подходы, использующие только скважинные отбивки и структурную поверхность после интерпретации сейсмических данных, имеют один большой недостаток – они имеют слабую связь с реальностью, так как не учитывают качество реального сейсмического материала, по которому производятся структурные построения. По этой причине необходимо развитие и применение методов анализа неопределённости структурных построений непосредственно в процессе обработки, на этапе получения сейсмических кубов, при построении глубинно-скоростной модели среды, так как именно она определяет качество восстановления геометрии и положения сейсмических горизонтов.

В докладе приводится способ многовариантной томографии для количественной оценки неопределённости структурных построений на этапе обработки сейсмических данных. Приводятся примеры получения вероятностных оценок по данным реального производственного проекта.

Введение

Успех любого проекта по добычи нефти и газа напрямую зависит от возникающих на этапе разработки месторождения рисков. В глобальном смысле значение имеет только риск, связанный с экономической рентабельностью проекта. Однако нефтегазовый проект – это сложный конгломерат исследований и различных технологий, каждая из которых несёт в себе сопутствующие риски.

Если отвлечься на время от внешних и не зависящих от нас факторов, то риск экономической нерентабельности проекта, в первую очередь, будет связан с неопределённостью размера разрабатываемого нефтегазового месторождения и количества сосредоточенных в нём извлекаемых углеводородов. Такие оценки делаются после

построения геологической модели месторождения на этапе геологоразведочных работ, с которых начинается нефтегазовый проект. Основой для построения геологической модели служит структурный каркас, который, как правило, получают в результате интерпретации данных сейсморазведки. На практике получаемые структурные поверхности обычно являются детерминированными и не несут в себе информацию о надёжности выполненных построений. Попытки анализа неопределённости структурной компоненты на этапах геологической интерпретации имеют довольно невнятный смысл, так как в этот момент уже утрачена связь с полным набором кинематических и динамических характеристик сейсмических данных, которые использовались для этих построений. По этой причине оценку неопределённости структурных построений необходимо начинать производить ещё на этапе обработки сейсмических данных. В то время как на этапе геологической интерпретации возможно дополнение полученных оценок факторами, относящимися к неоднозначности интерпретации.

Оценка неопределённости структурных построений

Цель обработки сейсмических данных - не просто получение красивых и правдоподобных изображений, в этом современные обработка и интерпретация достигли замечательных высот, и все больше совершенствуются. При этом, чем выше качество сейсмического изображения, его разрешённость и динамическая выразительность, прослеживаемость границ и чёткость интересующих объектов, тем больше оно вызывает доверия, особенно после увязки со скважинными данными. В силу неоднозначности решения обратных задач в сейсморазведке, таких изображений для одного и того же месторождения можно получить много, при этом они могут значительно противоречить друг другу. Для минимизации возникающей неоднозначности геофизики привлекают средства геостатистики при выполнении стохастических инверсий в процессе интерпретации. Однако все это происходит, как правило, после того как получены финальные глубинные изображения и сейсмограммы. А это значит, что неоднозначности этапа структурных построений, а также множества факторов, связанных с качеством исходных данных и всеми предшествующими процедурами обработки, а стало быть, и всех последующих этапов интерпретации, остаются неконтролируемыми.

Точность структурных построений во многом определяется результатом процедуры миграции, выполненной на этапе обработки сейсмических данных, а точнее тем, в какой глубинно-скоростной модели она выполняется. Поэтому анализ неопределённости построения глубинно-скоростной модели является важной задачей, которую необходимо решить для оценки неоднозначности структурных построений на этапе обработки. Как упоминалось ранее, помимо глубинно-скоростной модели существуют и другие факторы, влияющие на неопределённость результата. К ним, главным образом, относятся влияние одноканальных и многоканальных процедур (различные фильтрации, статические поправки, подавление кратных и т.п.), а также неоднозначность в привлекаемых априорных данных (скважинные отбивки и привязка к сейсмическим горизонтам, геологические гипотезы и т.п.). В данном докладе анализ этих факторов не демонстрируется, хотя подразумевается, что перед этапом построения ГСМ обработчик минимизировал их влияние во время обработки путём применения специального графа обработки и тщательного пошагового контроля качества. Таким образом, будем считать, что перечисленные выше факторы имеют весьма ограниченное влияние по сравнению с глубинно-скоростной моделью, и в дальнейшем стоит сосредоточить усилия именно на ней как на главном факторе неопределённости структурных построений.

В докладе обсуждается применение способа многовариантной томографии, нацеленного на решение задачи оценивания достоверности структурных построений. Решение обратной кинематической задачи, как правило, выполняется методами лучевой томографии. На вход любых томографических процедур подаются времена прихода волн, которые геофизик оценивает с использованием интерактивных или полуавтоматических процедур. Это крайне ответственный этап в технологиях решения обратных задач, поскольку именно он связан непосредственно с зарегистрированным волновым полем, его качеством и кинематическими особенностями. К сожалению, он плохо формализуем, так как зависит от выбора баз осреднения сейсмограмм, диапазона пригодных для анализа удалений и полностью зависит от ряда экспертных оценок геофизика. Оценка последствий принятых решений на этапе глубинных построений, причем не на текущем горизонте, а гораздо глубже в целевой зоне по-настоящему актуальная задача. Для её решения можно не останавливаться на единственном мнении эксперта, а сгенерировать набор входных данных, состоящий из стохастических реализаций, отличающихся случайным выбором значений параметров извлечения входных данных (например, весов в осреднении сейсмограмм при расчёте спектров остаточных кривизн годографов), и для каждой реализации произвести томографию независимо. Таким образом, будет получено множество решений, обусловленных множеством реализаций входных данных и их качеством, что отличает предлагаемый подход от предлагаемых в западной литературе [2,3], где множественность решений обуславливается некорректностью решаемой задачи [1].

В результате многовариантной томографии получают множество реализаций глубинно-скоростной модели. Используя набор реализаций глубинно-скоростной модели, рассчитываются реализации интересующей структурной поверхности, которые можно использовать для оценки неопределённости её положения.

На этапе последующей геологической интерпретации возможно уточнение степени неопределённости структурной поверхности за счёт учёта дополнительных факторов. Например, может быть учтена неоднозначность привязки интересующего объекта к волновой картине или же неоднозначность его корреляции, связанная с частотным составом анализируемой записи. Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы при подсчёте запасов для оценки запасов нефти и газа и их неопределённости.

Предлагаемая методика оценки неопределённости структурных построений была опробована на реальных морских данных. Задача состояла в построении ГСМ, получении глубинных изображений, оценки неоднозначности положения целевого горизонта с последующим учётом полученной информации при подсчёте запасов. Для анализа неопределённости было построено 150 реализаций глубинно-скоростной модели. На рисунке 1 представлен пример сечения набора реализаций структурной поверхности целевого горизонта, а также вычисленного на их основе коридора P10-P90.

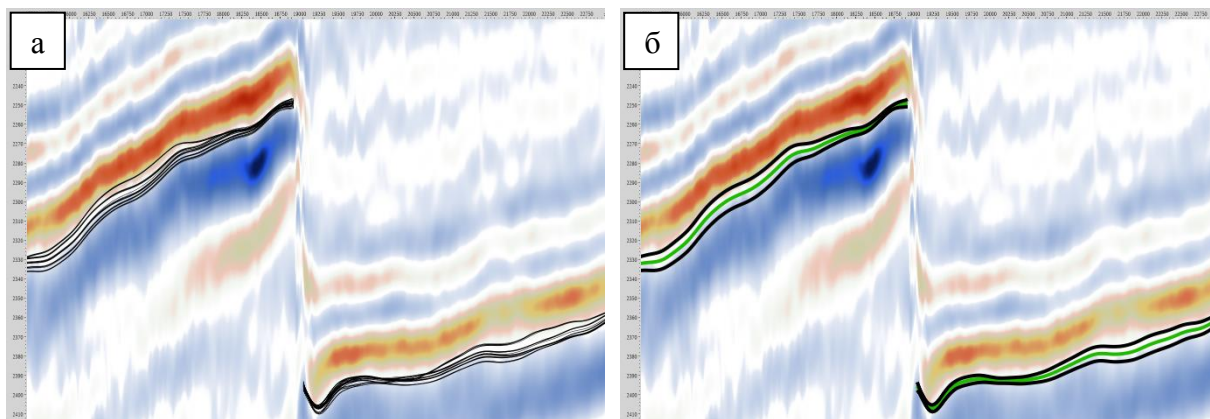


Рисунок 1. Пример результата многовариантной томографии: а) реализации целевого горизонта, наложенные на суммарный сейсмический куб; б) сечение поверхностей границ диапазона достоверности P10 и P90 (чёрные кривые) целевого горизонта.

Заключение

Для решения задачи полноценной оценки рисков, связанных с экономической рентабельностью нефтегазового проекта, необходимо выполнение анализа неопределённости на каждом его этапе. Причём анализ такого рода не должен представлять из себя отдельные виды исследований, он должен проходить единой сквозной нитью через все технологические звенья проекта. И начинать необходимо с обработки сейсмических данных, так как именно этот вид исследований даёт информацию о структурном каркасе месторождения. При этом структурный фактор оказывает наиболее существенное влияние на оцениваемый объём запасов нефти и газа. Для решения этой задачи в докладе представлен метод многовариантной томографии. Её результаты могут быть дополнены при дальнейшей интерпретации сейсмических данных другими факторами неоднозначности, и в последующем учтены при подсчёте запасов и принятии решений о разработке месторождения.

Литература

1. Glogovsky V., Landa E., Langman S., Moser T.J. Validating the velocity model: the Hamburg Score // First Break. 2009. Mar. Vol. 27, no. 3. Pp. 77-85.
2. Osypov, K., Y. Yang, A. Fournier, N. Ivanova, R. Bachrach, C. E. Yarman, Y. You, D. Nichols, and M. Woodward, 2013, Model-uncertainty quantification in seismic tomography: method and applications: Geophysical Prospecting, 61, no. 6, 1114 –1134, <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2478.12058>.
3. Ian F. Jones, Rodigo Felicio, Angeliki Vlassopoulou, Claudia Hagen Tutorial: Tomographic Bayesian uncertainty estimation First Break V. 37 september 2019, pp.37-48.