

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ДЕТАЛЬНОСТИ ЦИФРОВОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОСТАВЛЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ**

*Д.Н. Крылов, Л.А. Наумова (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

Цифровые геологические модели в большинстве случаев представляют собой формализованный образ в виде набора отдельных слоев геологической среды. За счет варьирования параметров, описывающих основные характеристики пород в пластах (параметрическое наполнение модели), и геометрии пластов (структурный каркас модели) достигается необходимая математическая аппроксимация реального геологического разреза, позволяющая решать те или иные интерпретационные задачи – от подбора акустических параметров среды методом сейсмической инверсии до подсчета запасов и проведения гидродинамических расчетов.

Одной из наиболее сложных проблем проведения геологического моделирования зачастую становится выбор детальности модели, количества слоев и ячеек с набором фиксированных параметров. Детальность аппроксимации реального геологического разреза, с одной стороны, должна обеспечивать решение поставленной интерпретационной задачи, а с другой – тесно увязанной с разрешающей способностью имеющихся методов разведочной геофизики и возможностями используемой вычислительной техники.

Основу структурного каркаса цифровой геологической модели, как правило, составляют поверхности, полученные путем прослеживания на временных разрезах и последующего картирования так называемых реперных или опорных сейсмических горизонтов. Однако дальнейшая детализация модели – выделение в пределах крупных слоев групп отдельных пластов – нередко проводится, что называется, «на глазок». По данным ГИС интерпретатором выделяются опорные и целевые пласты, оцениваются их характеристики, а остальные пласты вводятся в модель формально и часто без должного учета скважинной информации. Их толщины изменяются пропорционально мощности крупных слоев и изначально в месте расположения скважины даже могут задаваться одинаковыми. Число таких «заполняющих» пластов определяется интерпретатором, чье решение зависит главным образом от мощности компьютера. Для большинства «демонстрационных» моделей такой упрощенной детализации, скорее всего, будет вполне достаточно, однако, если модель является средством решения конкретной интерпретационной задачи, ее параметры (в первую очередь детальность и корректность аппроксимации разреза) должны соответствовать вполне определенным требованиям. Такие модели иногда называют эффективными.

На практике коррекция модели с целью последующего решения определенной практической задачи чаще всего производится «вручную», что трудоемко и таит в себе опасность влияния субъективного фактора.

С целью помочь интерпретатору решить эту задачу в разное время было предложено несколько технологий автоматического формирования эффективных моделей, которые в общих чертах сводятся к следующему.

По данным ГИС вручную или автоматически строится детальная одномерная пластовая модель, отображающая скачкообразное (прерывистое) изменение некоторого параметра с глубиной.

Затем по заданному критерию автоматически производится попытка последовательного объединения соседних пластов модели. В качестве критерия слияния соседних пластов в один могут быть приняты:

- абсолютная величина скачка параметра на границе соседних слоев;
- абсолютная величина скачка параметра и наименьшая мощность одного из соседних пластов (чем меньше отличие параметра в пластах и меньше мощность, тем вероятнее их объединение);
- разного рода априорная геолого-геофизическая информация;
- влияние эффекта объединения пластов на синтетическую сейсмограмму (коэффициент корреляции сейсмограмм до и после объединения пластов) – данный способ наиболее часто применяется при проведении математического сейсмического моделирования.

Однако при построении эффективной геологической модели может быть использован и иной математический подход. Одномерная модель или непрерывная кривая параметра ГИС могут быть подвергнуты многократной статистической фильтрации в некотором окне переменного положения (но обязательно включающем усредняемый параметр). Положение и размер окна осреднения определяются по критерию наименьшего среднеквадратического отклонения попавших в окно значений. На выходе получаем пластовую модель, описываемую скачкообразным изменением параметра, детальность которой зависит от набора длины используемых статистических фильтров (величин окон осреднения).

Этот подход имеет следующие существенные преимущества:

- можно непосредственно использовать кривые ГИС, минуя этап построения тонкослоистой пластовой модели (рис. 1);
- можно одновременно анализировать группу соседних пластов, что повышает математическую корректность решения поставленной задачи (см. рис. 1);
- используемый критерий более гибок, поскольку получаемый результат определяется не только размером окна осреднения, но и набором используемых окон различной длины (рис. 2).

На рис. 1 представлен результат построения эффективной пластовой модели (розовый цвет) по кривой ПС (черный цвет).

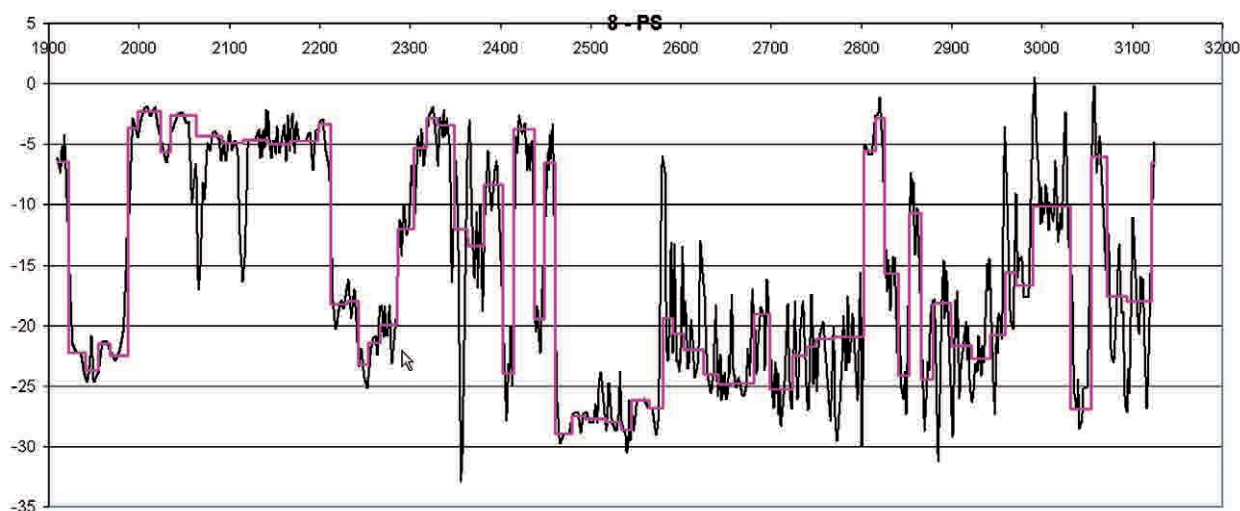


Рис. 1. Эффективная пластовая модель, рассчитанная по кривой ПС

На рис. 2 представлен результат построения различных вариантов эффективной пластовой модели по кривой ГК (розовый цвет) и по кривой ПС (синий цвет). Очевидно, что таким способом можно легко регулировать детальность модели, обеспечивая при этом математически корректное выделение пластов.

Проблему несовпадения разбивок на пласты по различным кривым ГИС можно решить путем принятия некоторой эталонной разбивки, в рамках которой могут быть пересчитаны остальные параметры ГИС. На рис. 3 представлен результат пересчета различных вариантов эффективной пластовой модели по кривой ГК (розовый цвет) и по кривой ПС (синий цвет) в рамках единых разбивок на пласты.

Применение данной технологии непосредственно для автоматической комплексной геологической интерпретации ГИС затрудняется тем, что каждая кривая ГИС анализируется отдельно, независимо от другой. Сопоставляться между собой могут только конечные результаты расчетов, тогда как алгоритмы автоматической интерпретации ГИС предусматривают одновременное использование данных различных методов и учитывают характеристики скважинных зондов. Однако в нашем случае кривые ГИС, пересчитанные в пластовые модели, дают новое видение первичной информации и могут существенно облегчить процесс визуальной интерпретации.

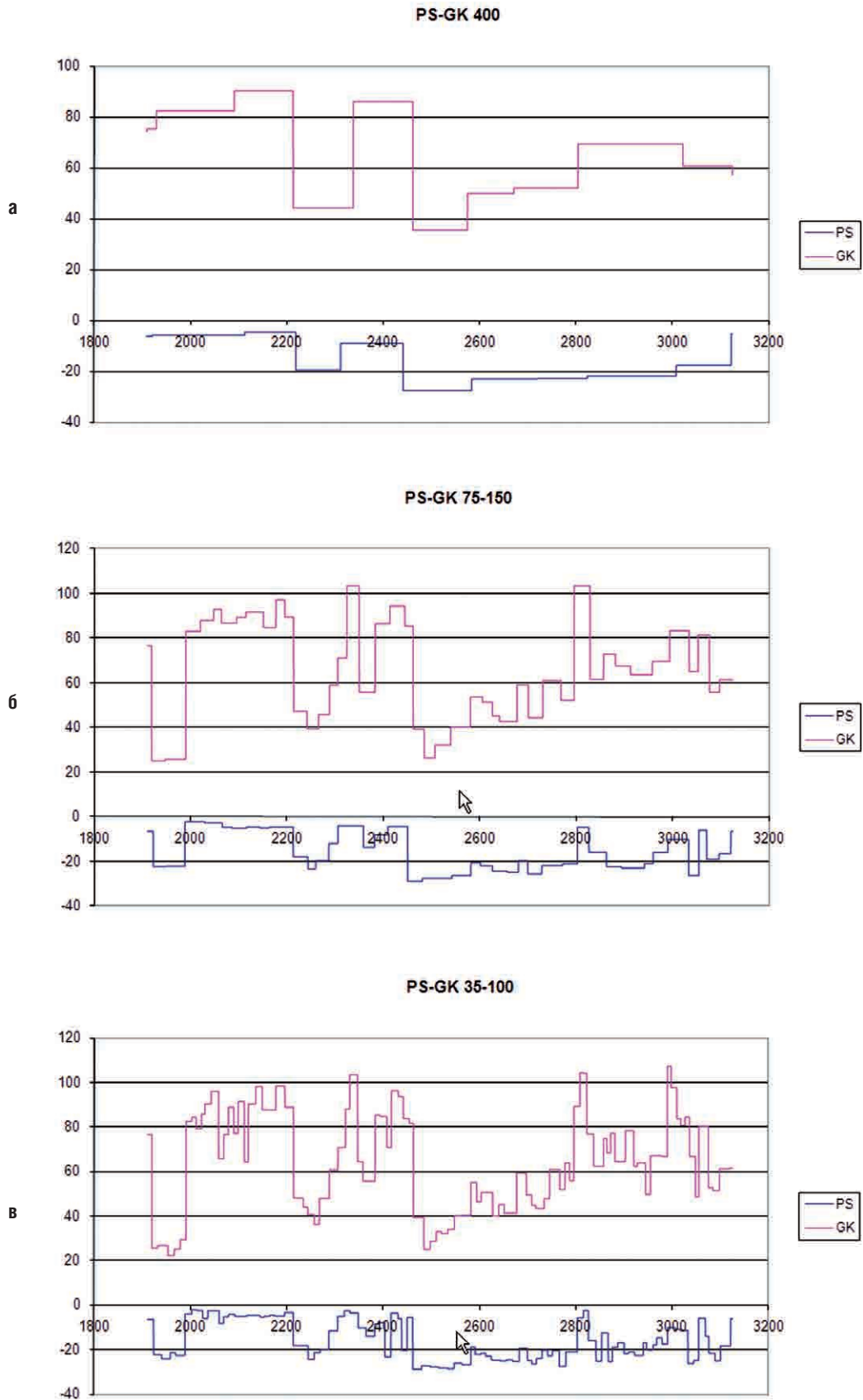


Рис. 2. Эффективная пластовая модель, параметр GK (розовый цвет), параметр PS (синий цвет) с разными значениями окна осреднения:  
 а - окно осреднения 400 отсчетов; б - окно осреднения от 75 до 150 отсчетов; в - окно осреднения от 35 до 100 отсчетов

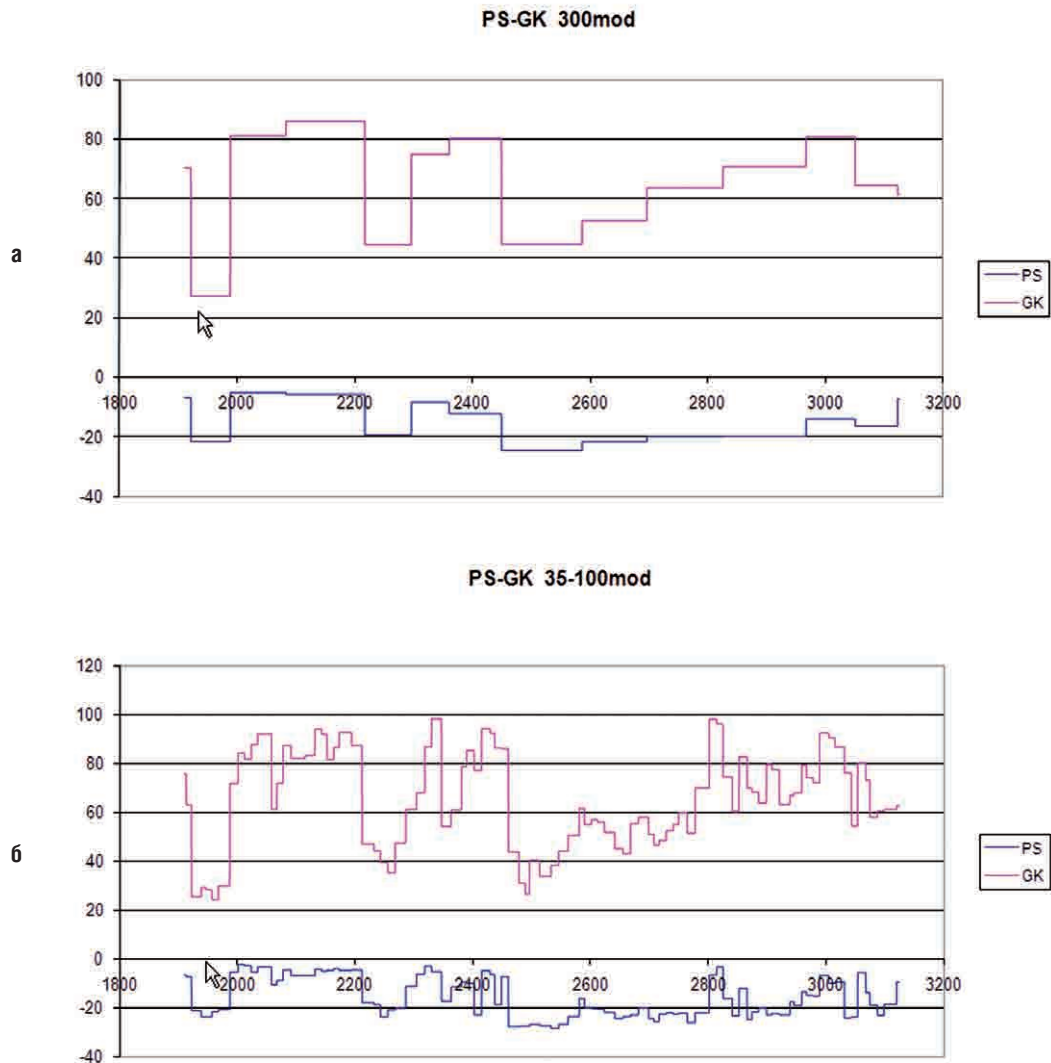


Рис. 3. Эффективная пластовая модель с единой разбивкой, параметр ГК (розовый цвет), параметр ПС (синий цвет) с разными значениями окна осреднения:  
 а - окно осреднения 300 отсчетов; б - окно осреднения от 35 до 100 отсчетов

На рис. 4 сравниваются независимые результаты ручной интерпретации комплекса ГИС и эффективные модели, рассчитанные по описываемой технологии, получившей название «умное осреднение». Акустическая пластовая модель, полученная интерпретатором и рассчитанная автоматически, совпали практически полностью, за исключением отдельных аномалий, соответствующих угольным пропласткам. При этом данный результат был получен интерпретатором за несколько часов работы, тогда как расчет эффективной модели был выполнен за доли секунды.

Описанная технология позволяет легко выполнить подбор оптимальной детальности пластовой геологической модели в зависимости от поставленной интерпретационной задачи непосредственно по кривым ГИС. После незначительной ручной редакции (например, уточнения параметров целевых пластов или выделения аномальных объектов) эти модели могут служить основой для проведения детализации 3D цифровой геологической модели в рамках имеющегося базового структурного каркаса. Также, на наш взгляд, появились дополнительные возможности решения разного рода сопутствующих интерпретационных задач, например, изучения цикличности осадконакопления по данным ГИС или выявления корреляционных зависимостей между различными числовыми характеристиками геологического разреза. Однако вопросы методики применения технологии «умного осреднения» в процессе проведения геологической интерпретации еще требуют детального изучения.

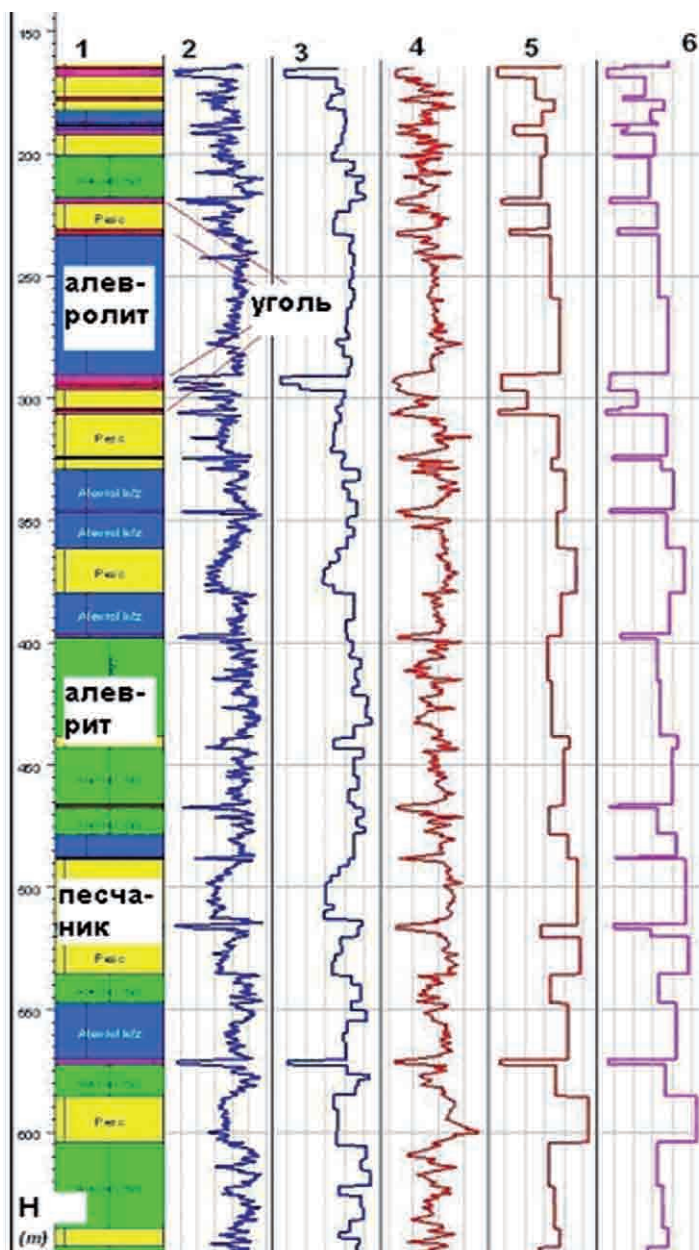


Рис. 4. Построение одномерной модели среды по данным комплекса ГИС (Восточная Сибирь, Талдинская площадь): 1 - литологическая колонка (результат ручной интерпретации), разрез представлен песчано-глинистыми разностями с прослоями угля; 2 - исходная кривая ГК; 3 - эффективная пластовая модель, рассчитанная по кривой ГК, окно осреднения изменялось от 15 до 30 отсчетов; 4 - исходная кривая АК; 5 - эффективная пластовая модель, рассчитанная по кривой АК, окно осреднения изменялось от 15 до 30 отсчетов; 6 - пластовая скоростная модель, полученная вручную по кривой АК

### Список литературы

1. Авербух А.Г. Математическое моделирование волновых полей как основа комплексной интерпретации сейсмической, промыслово-геофизической и геологической информации / А.Г. Авербух и др. – М.: ВНИИОЭНГ, 1985.
2. Гогоненков Г.Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейсморазведкой / Г.Н. Гогоненков. – М.: Недра, 1987.
3. Крылов Д.Н. Детальный прогноз геологического разреза в сейсморазведке / Д.Н. Крылов. – М.: Недра, 2007.
4. Krilov D. Magic of smart averaging / D. Krilov. First break. – September 2009. – Vol. 27.