

Геология, поиски и разведка месторождений нефти и газа

УДК 550.83

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ПРОГНОЗА ПО СТРУКТУРНОЙ 3D-МОДЕЛИ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СЕКЦИИ СКВАЖИН

PROCEDURE FOR QUANTITATIVE ESTIMATION OF CONFIRMATION
OF THE PREDICTION BY THE STRUCTURAL 3D-MODEL FOR HORIZONTAL
SECTION OF WELLS

Р. М. Бембель, И. А. Щетинин

R. M. Bembel, I. A. Schetinin

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

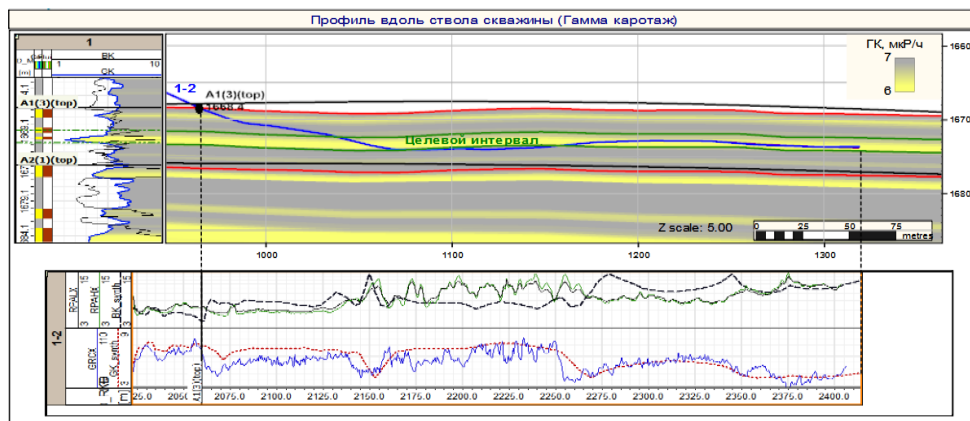
*Ключевые слова: трехмерная геологическая модель; погрешность; оценка качества геологической модели;
скважины с горизонтальным окончанием*

*Key words: three-dimensional geological model; error; quality estimation of the geological model;
wells with horizontal ending*

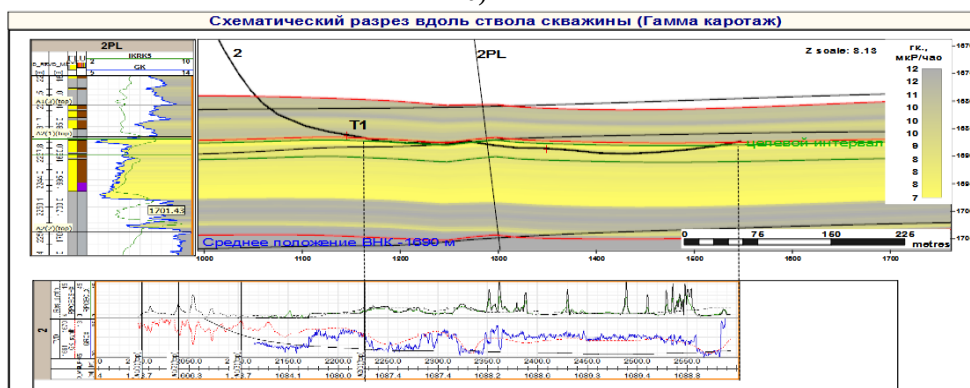
Геологическая модель может применяться для решения многих задач, например подсчета запасов, обоснования системы разработки месторождения, оперативных задач геолого-разведочных работ [1], планирования строительства скважин и осуществления геологического сопровождения бурения. Для геологического сопровождения бурения используются постоянно действующие геолого-гидродинамические модели. Одним из основных требований к данному виду моделей является высокая точность прогнозных характеристик, которые должны подтверждаться бурением, что напрямую определяет экономическую эффективность их применения [2].

Качество построения структурной модели по результатам последующего бурения может оцениваться на основе следующих граничных значений: ошибка построений структурного каркаса 2–4 м — хорошее качество; 5–7 метров — удовлетворительное; при ошибке более 7 метров — неудовлетворительное [3].

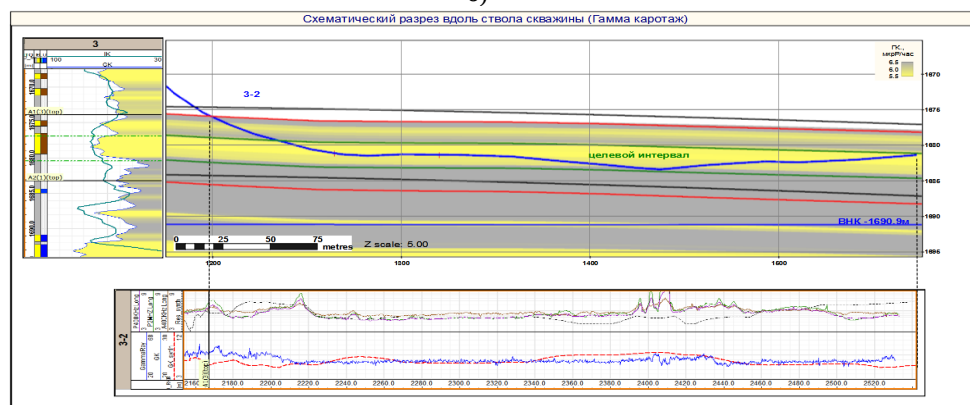
Данный подход применяется в первую очередь для вертикальных и наклонно направленных скважин. Для скважин с горизонтальным окончанием данная методика дает низкую информативность оценки. Горизонтальная секция характеризуется большим объемом информации, которую необходимо оценивать по нескольким критериям. На рис. 1 приводятся планшеты по сопровождению бурения трех скважин, для которых максимальное расхождение прогнозных отметок кровли целевого пласта со структурной моделью после окончания бурения не превышает двух метров, что соответствует хорошему качеству подтверждения прогноза. На рис. 2 приводится более детальная иллюстрация различия структурных моделей для горизонтальных секций приведенных скважин. При более детальном анализе результатов бурения можно отметить, что для скв. 1–2 модель подверглась большей коррекции, так как величина погрешности прогноза вдоль ствола скважины изменяется по своей величине. В случае скв. 2 произошла коррекция угла залегания структуры по данным сопровождения бурения. Так, до начала бурения предполагался рост структуры 0,3–0,6 градуса, но по результатам бурения привязка соответствует падению по пробуренной части с углом 0,1–1,8 градусов. Сква. 3–2 является наилучшим примером подтверждения прогноза модели, соответствующего малой величине расхождения глубин залегания пласта, сохранения угла залегания структуры и постоянной величине погрешности структурной модели вдоль ствола скважины.



а)



б)



в)

Рис. 1. Планшеты по сопровождению скважин, которые показали высокое качество подтверждения модели: а) скв. 1–2 с изменением невязки вдоль ствола скважин;
б) скв. 2 с изменением угла залегания структуры в отличие от первоначальной модели; в) скв. 3–2 с наилучшим показателем подтверждения

Горизонтальная секция скважины может быть представлена участком структурной модели, которая характеризует физическую величину X . Количество значений, которые принадлежат интервалу ствола скважины, является выборкой данной величины. Интервал выборки определяется длиной скважины между точкой входа в целевой пласт и окончательным забоем. Количество прогнозных отметок залегания целевого

пласта определяется инкрементом структурной модели. В результате формируется два массива значений (выборки), соответствующие узлам сетки (рис. 3).

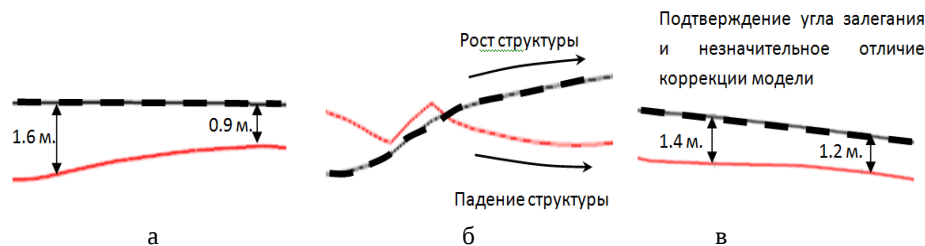


Рис. 2. Схематическое изображение участков структурных поверхностей до начала бурения (пунктирная линия) и после его завершения (сплошная линия): а) скв. 1-2; б) скв. 2; в) скв. 3-2

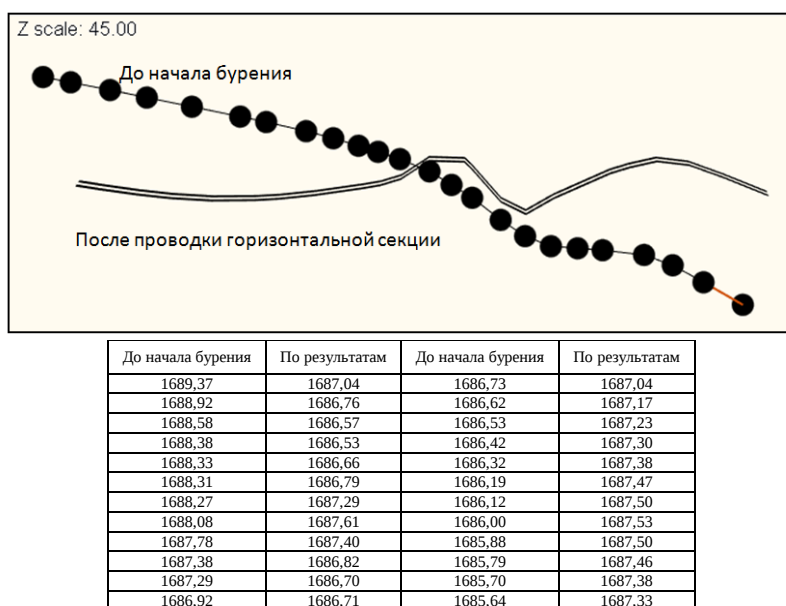


Рис. 3. Участки структурных моделей до/после бурения горизонтальной секции и сформированный массив данных в виде таблицы

Для оценки подтверждения прогноза структурной модели необходимо использовать более сложную модель расчета, чем для вертикальных скважин. Предлагается использовать методику оценки подтверждения модели на основании расчета нескольких параметров: параметра, характеризующего максимальное отклонение (погрешность) прогноза структурной модели для горизонтальной секции скважины ($\Delta_{\max}$) (1); среднего квадратического отклонения погрешности модели (σ) (2), которое будет увеличиваться при увеличении изменчивости реального геологического объекта по сравнению с его моделью [4]; коэффициента смещения K , который будет рассчитываться как разность между среднеарифметическим значением погрешностей по модулю и среднеарифметическим значением погрешностей по абсолютным значениям (3). Данный коэффициент будет различать ситуации просадки/подъема структуры и ее флуктуации.

$$\Delta_{\max} = \max|x_i^1 - x_i^2|, \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n}}, \quad (2)$$

$$K = \frac{\left| \frac{\sum \Delta_i}{n} \right|}{\left| \frac{\sum |\Delta_i|}{n} \right|}, \quad (3)$$

где x_i^1 — значение абсолютных отметок поверхности до бурения; x_i^2 — значение абсолютных отметок поверхности после бурения; n — количество значений, характеризующих структурную модель вдоль ствола скважины; $\Delta_{\max}$ — максимальная величина расхождения; σ — среднее квадратическое отклонение коррекции; Δ_i — i -тое значение величины коррекции; $\bar{\Delta}$ — среднее значение коррекции; K — коэффициент смещения.

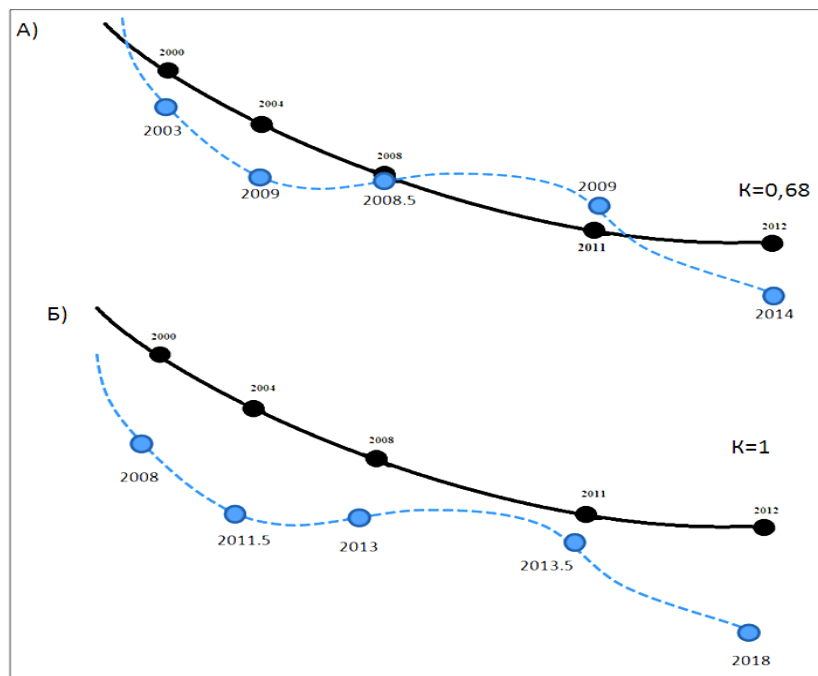


Рис. 4. Значения коэффициента K при двух вариантах коррекции структуры в процессе сопровождения бурения

Для иллюстрации физического смысла коэффициента смещения на рисунке 4 приводится схематическое изображение двух вариантов коррекции структуры по результатам бурения горизонтального участка скважины.

Значения параметров оценки подтверждения прогноза модели по скважинам, приведенным на рис. 1

Значения параметра оценки качества	Номер скважины		
	1	2	3
$\Delta_{\max}$	1,58	2,33	1,54
σ	0,07	0,27	0,05
K	1	0,012	1

Когда коэффициент смещения равен единице (рис. 4 Б), наблюдается просадка структуры по отношению к прогнозу по модели до бурения. Стремление коэффициента

к нулю будет означать, что коррекция структуры привела к появлению участков понижения и поднятия относительно прогноза с подтверждением его как математического ожидания [5].

В таблице приведены значения параметров оценки подтверждения прогноза модели по скважинам (см. рис. 1). Данные значения показывают, что наилучшее подтверждение модели получено в случае скв. 3, наибольшая коррекция получена по результатам бурения скв. 2, где выявлены наибольшая величина максимального отклонения и среднеквадратическое отклонение величины коррекции, а коэффициент смещения указывает на коррекцию структуры относительно прогноза практически в равной величине участков поднятия и просадки структуры. Сква. 1, несмотря на близкое значение величины максимального отклонения, имеет большую величину среднеквадратического отклонения коррекции, что связано с изменением средней величины коррекции на глубинах 2 100–2 200 м и 2 200–2 400 м по стволу.

Скважины (см. рис. 1) имеют хорошее качество подтверждения прогноза по результатам бурения, но с использованием описанной методики получены более дифференцированная оценка и количественное выражение степени подтверждения модели.

В дальнейшем предполагается апробирование данной методики на представительной выборке, что приведет к возможности количественного выражения различной степени качественного подтверждения модели по результатам геологического сопровождения бурения горизонтальных скважин. После получения данной количественной оценки возможен анализ связи подтверждения модели с геолого-геофизическими факторами района бурения: средняя разбуренность, объем информации разведочной геофизики, длина горизонтальной секции, наличие или отсутствие пилотного ствола, минимальная удаленность от существующего скважинного фонда и другие.

Выводы

- Стандартные методики оценки подтверждения модели по данным бурения дают низкую дифференциацию для горизонтальной секции скважины.
- Предлагаемая методика оценивает подтверждаемость модели по нескольким критериям.
- На показанных примерах получена более детальная оценка подтверждаемости прогноза по трехмерной геологической модели.
- При подтверждении методики на достаточном количестве скважин возможен переход от качественной оценки подтверждения к количественной, что позволит оценить влияние условий района бурения на эффективность применения моделирования.

Список литературы

1. Закревский К. Е. Геологическое 3D-моделирование. – М.: ООО «ИПЦ Маска», 2009. – 376 с.
2. Щетинин И. А. Комплексный подход к геологическому сопровождению бурения на основе 3D-геологической модели: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии — нефтегазовому региону». – Тюмень: ТИУ, 2016.
3. Закревский К. Е., Майсюк Д. М., Сыртланов В. Р. Оценка качества 3D-моделей. – М.: ООО «ИПЦ Маска», 2008. – 272 с.
4. Балдин К. В. Общая теория статистики: учебное пособие / К. В. Балдин, А. В. Рукусуев. – М.: Дашков и К, 2012. – 312 с.
5. Бембель Р. М., Щетинин И. А. Повышение эффективности разработки месторождений при применении высокоразрешающей объемной сейсморазведки и геологического сопровождения бурения скважин в условиях структурной неопределенности трехмерной геологической модели // Известия вузов. Нефть и газ. – 2015. – № 4. – С.11-19.

Сведения об авторах

Бембель Роберт Михайлович, д. г.-м. н., профессор кафедры «Прикладная геофизика», Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)465822

Щетинин Иван Александрович, аспирант кафедры «Прикладная геофизика», Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89125193885

Information about the authors

Bembel R. M., Doctor of Geology and Mineralogy, professor of the chair «Applied geophysics», Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)465822

Schetinin I. A., postgraduate of the chair «Applied geophysics», Industrial University of Tyumen, phone: 89125193885