

УДК 550.8

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ
ОЦЕНКИ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ПРОГНОЗА 3D-МОДЕЛИ
ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СЕКЦИИ СКВАЖИН**
RESULTS OF APPLYING THE METHODOLOGY FOR THE QUANTITATIVE
ASSESSMENT CONFIRM THE PREDICTION OF THE 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: 3D geological model; uncertainty; quality assessment of the geological model;
wells with horizontal completion*

В данной статье рассматривается результат применения изложенной ранее [1] методики количественной оценки подтверждения прогноза 3D-модели для гори-

зонтальной секции скважин. Необходимость контроля эффективности применения 3D-модели, вызванная вероятностью значительной коррекции (неподтверждения) модели по результатам бурения обоснована в работе [2].

Для проведения эксперимента использована информация по геологическому сопровождению бурения горизонтальной секции 90 скважин — 58 скважин большого бурения и реализации 32 зарезок боковых горизонтальных стволов (ЗБГС). Каждая скважина сопровождалась выполнением последовательности всех операций с использованием трехмерной постоянно действующей геолого-технологической модели, начиная от планирования скважины и заканчивая учетом полученной информации [3].

В среднем длина горизонтальной секции для ЗБГС составляет 293 м, при минимальной длине — 171,8 м и максимальной — 394,2 м. Для скважин большого бурения средняя длина составила 527 м, при минимуме — 145 м и максимуме — 764,4 м. Общая протяженность горизонтальных участков исследуемых скважин составляет 39,12 км.

Распределение величин длин горизонтальных участков скважин ЗБГС и большого бурения приведено на рисунках 1 и 2.

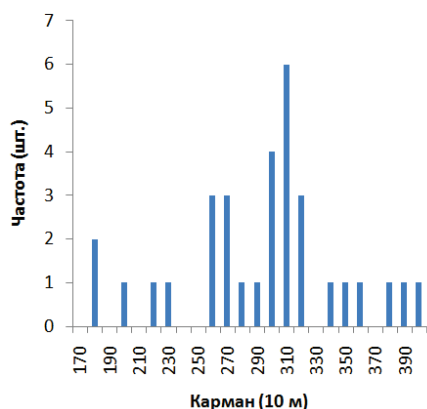


Рис. 1. Гистограмма длин горизонтальной части ствола зарезок боковых горизонтальных стволов

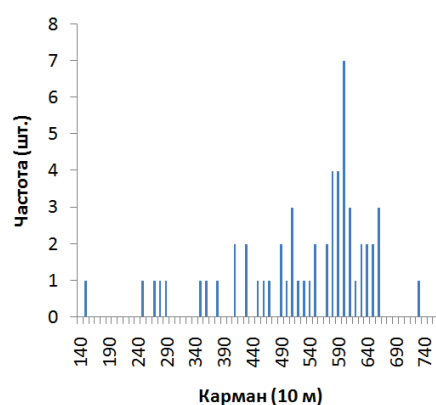


Рис. 2. Гистограмма длин горизонтальной части ствола большого бурения

Скважины были реализованы для трех объектов разработки. Основная часть скважин пробурена на группу пластов АВ — 41 ствол (45,5 %), на группу пластов БВ — 36 стволов (40 %) и на группу пластов Ю — 13 стволов (14,5 %).

60 стволов были реализованы при наличии пилотного ствола, остальные 30 стволов были значительно более удалены от скважин окружения. Для геологического сопровождения бурения 50 скважин были использованы трехмерные геологические модели, построение которых основывалось на результатах интерпретации данных 2D и 3D-сейсморазведки. Для 40 скважин основой построения являлась скважинная информация с применением методов геологического моделирования.

Для данной выборки средняя удаленность от скважин окружения составила 272,3 м, при максимальной и минимальной удаленности 32,8 и 781,0 м соответственно. При сопровождении скважин по результатам интерпретации ГИС получена средняя эффективность вскрытия коллекторов от фактической длины ствола — 74,0 %, при минимальной — 45,2 % и максимальной — 96,5 %.

Все скважины относятся к двум соседним месторождениям Западной Сибири, расположенным в ХМАО — Югре, вблизи г. Нижневартовска. Предполагается,

что территориальная изменчивость свойств объектов разработки не оказывает влияния на условия геологического сопровождения данных скважин и их можно считать единой выборкой.

Для расчетов использовалось программное обеспечение IrapRMS версии 10.0. Расчет осуществлялся автоматически, при помощи скрипта. Выходными параметрами являлись рассчитанные величины: максимальная величина расхождения, среднее значение коррекции, среднеквадратическое отклонение коррекции (σ), коэффициент смещения (K).

По полученным параметрам построены общие гистограммы распределения (рис. 3, 4) и произведена оценка наличия корреляционной зависимости между рассчитанными параметрами коррекции модели и следующими величинами: средней удаленностью соседних скважинных наблюдений от горизонтального участка ствола, длиной ствола, мощностью целевого интервала, наличием или отсутствием пилотного ствола и сейсмической основы для построения модели, процентом вскрытия коллекторов от фактической длины ствола (то есть эффективности проводки) (рис. 5, 6). По построенным графикам наблюдается отсутствие корреляционной связи между максимальной величиной коррекции и средним значением коррекции с исследуемыми величинами, которые могут влиять на подтверждаемость модели.

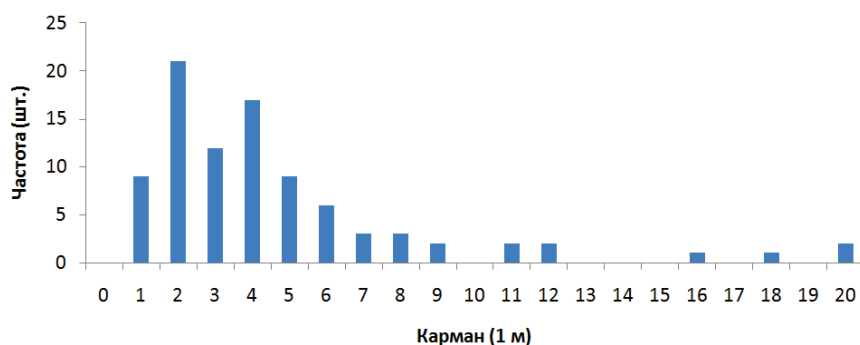


Рис. 3. Гистограмма распределения величины максимальной коррекции модели

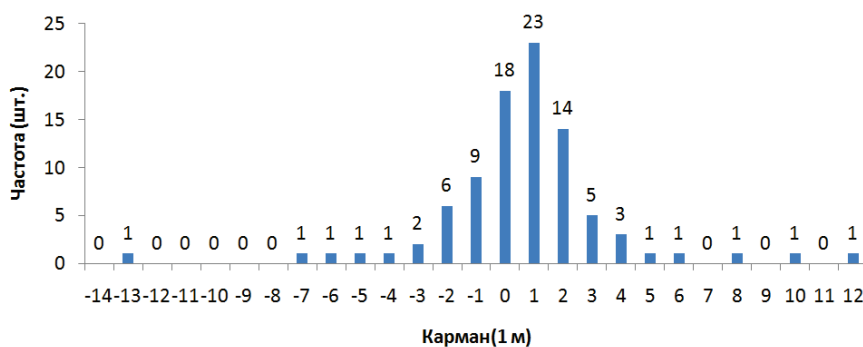


Рис. 4. Гистограмма распределения среднего значения коррекции модели

Отсутствие зависимости между коррекцией модели и длиной горизонтальной секции (рис. 5 а, б) означает, что при геологическом сопровождении бурения можно допускать одинаковую величину коррекции и для скважин протяженностью

300 м, которыми в большинстве случаев являются ЗБГС, и для скважин большого бурения с протяжностью ствола от 500 м и более.

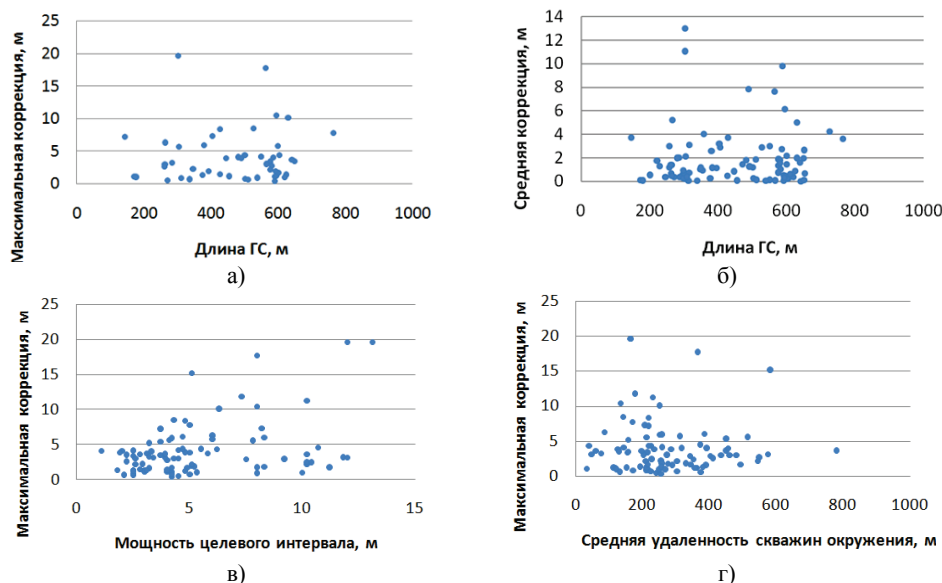


Рис. 5. Графики зависимости: а) максимальной коррекции модели от длины горизонтальной секции; б) модуля средней величины коррекции модели от длины горизонтальной секции; в) максимальной коррекции модели от мощности целевого интервала; г) максимальной коррекции модели от средней удаленности скважин окружения

Отсутствие зависимости между удаленностью скважин окружения и величиной коррекции модели (рис. 5 г) означает недоказанность аргумента размещения проектного ствола в окружении скважин, что должно гарантировать охарактеризованность района бурения имеющейся информацией. С другой стороны, даже при значительном удалении от соседних скважин возможно подтверждение прогнозных отметок залегания пласта вдоль проектного профиля.

Не подтверждается также предположение, что при значительной мощности целевого интервала уменьшение величины коррекции будет связано с невозможностью получить показания не удовлетворяющие целевым свойствам пласта без коррекции модели, превышающей нескольких метров (рис. 5 в). Из полученного графика следует, что величина коррекции 1–1,7 м получена при мощности целевого интервала 10–11 м.

Это можно объяснить тем, что в большинстве случаев предполагается проводка горизонтальной секции в наилучшей части пласта либо строго в прикровельной или подошвенной части целевого интервала, что и приводит к коррекции модели в случае ее неподтверждения. Отсутствие влияния величины коррекции модели на эффективность проводки ствола объясняется в первую очередь эффективностью применения технологии геологического сопровождения бурения в реальном времени, которая благодаря корректировке направления бурения позволяет обеспечить высокую эффективность проводки даже при значительной коррекции модели (рис. 6).

Распределение величин коррекции при наличии и отсутствии пилотного ствола показывает следующий неожиданный результат: при наличии пилотного ствола максимальная и средняя величины коррекции модели выше, чем при его отсутствии. По средним значениям максимальной величины: с пилотом — 4,36 м, при

отсутствии — 3,59 м. По средним значениям средней величины: с пилотом — 2,03 м, при отсутствии — 1,5 м.

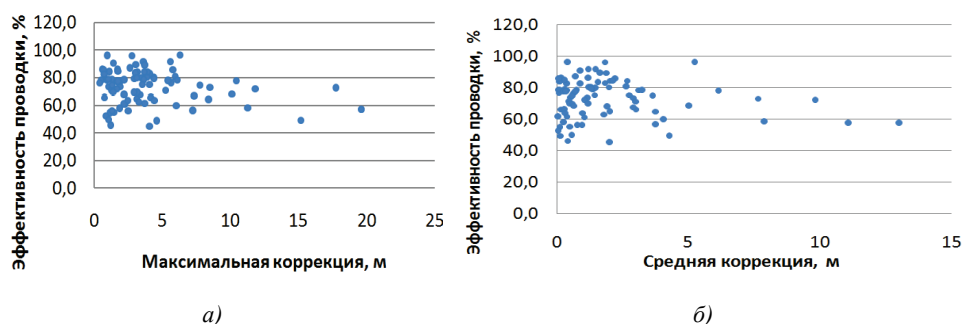


Рис. 6. Графики зависимости эффективности проводки:

а) от максимальной коррекции модели; б) от модуля средней величины коррекции модели

Этот парадокс может объясняться наличием пилота преимущественно в крайних и малоизученных районах. Но другой причиной может являться значительное влияние пилота на предпроектное представление о районе бурения, и в случае наличия погрешности в данных инклинометрии пилотного ствола происходит значительная коррекция всей области построения. Основным выводом по отсутствию зависимости между подтверждением модели и наличием пилота является невозможность утверждать, что пилотный ствол дает полную информацию о районе бурения при строительстве скважины с горизонтальным окончанием.

Распределение величин коррекции модели при наличии и отсутствии данных сейсморазведки подтверждает предположение, что геологическая модель основанная на результатах интерпретации данных сейсморазведки, имеет более высокую вероятность для подтверждения. По средним значениям максимальной величины: с наличием сейсмической основы — 2,87 м, при отсутствии — 5,64 м. По средним значениям средней величины коррекции: с наличием сейсмической основы — 1,23 м, а при отсутствии — 2,63 м. Именно данные геофизических исследований характеризуют межскважинное пространство, что, предположительно, и увеличивает вероятность подтверждения модели по результатам бурения.

Полученные результаты исследования могут быть применены для решения следующих производственных задач при строительстве скважин с горизонтальным окончанием: количественной оценки подтверждения геологической модели по результатам бурения горизонтальной секции скважины (осуществляется путем расчета параметров подтверждения модели и поэтапного формирования системы рейтинга); установки критериев качества подтверждения геологической модели для горизонтальных скважин; статистического ожидания вероятной корректировки геологической модели при планировании скважин с горизонтальным окончанием.

Полученные данные распределения оцениваемых величин показывают, что по основным критериям — средняя величина коррекции и максимальная коррекция модели — возможна установка границ хорошего, удовлетворительного и неудовлетворительного подтверждения модели (рис. 7). Данные характеристики могут быть сформированы на основании аналогичной представительной выборки месторождения или группы, а также могут уточняться по результатам бурения новых скважин. Ассоциация данных критериев с системой понижающих коэффициентов оплаты стоимости работ по геологическому сопровождению бурения, с использованием специализированных моделей позволит сэкономить средства добывающей компании при оказании сервисных услуг низкого качества.

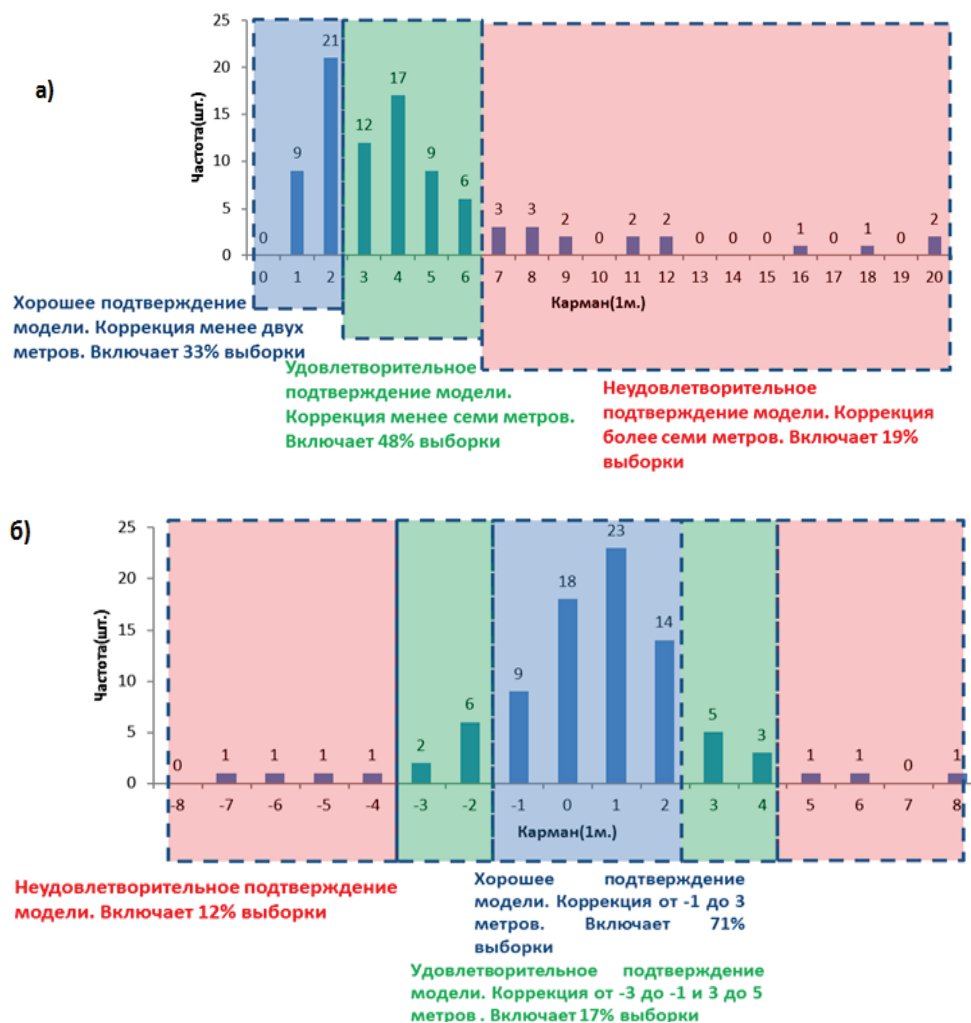


Рис. 7. Гистограммы распределения величины коррекции модели:
а) максимальной; б) среднего значения

Полученная в рамках данного исследования информация может быть применена для вероятностной оценки возможной коррекции модели на этапе планирования горизонтальной секции.

При трансформации полученных распределений в плотность вероятности максимальной и средней величин коррекции модели можно получить зоны и условные границы возможной коррекции, что позволит оценить риски выхода из целевого интервала, вскрытия ВНК и возможности удержания в маломощном прослое (рис. 8).

Так, в частности, согласно полученным данным, наиболее благоприятным является размещение горизонтальной секции скважины в центральной части поропластка коллектора мощностью 4 м, что минимизирует риск коррекции, которая приведет к вскрытию участков пласта с неудовлетворяющими свойствами.

Выводы

- По данным исследования корреляционные связи между геолого-геофизическими параметрами и критериями подтверждения геологической модели по результатам бурения не выявлены, что указывает на необходимость примене-

ния технологии геологического сопровождения скважин для увеличения эффективности проводки горизонтальной секции.



Рис. 8. Нанесение проектного профиля с вероятными границами средней величины коррекции модели при хорошем и удовлетворительном подтверждении

- Отсутствие корреляционной зависимости между степенью подтверждения модели и эффективностью проводки, по имеющейся выборке, доказывает эффективность сопровождения бурения для данных скважин в условиях ограничения достоверности геологической модели.
- По предложенным критериям возможно формирование оценки качества подтверждения модели по результатам бурения горизонтальной секции скважины на количественном уровне.
- Данное исследование позволяет утверждать, что возможно введение количественных критериев оценки подтверждения модели по полученным распределениям.

Список литературы

1. Бембель Р. М., Щетинин И. А. Методика количественной оценки подтверждения прогноза по структурной 3D-модели для горизонтальной секции скважин // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2016. – № 5. – С. 7–11.
2. 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 высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2015. – № 4. – С. 11–19.
3. Щетинин И. А. Комплексный подход к геологическому сопровождению бурения на основе 3D геологической модели // Новые технологии — нефтегазовому региону. Материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Тюмень: ТИУ, 2016.
4. Закревский К. Е., Майсюк Д. М., Сыртланов В. Р. Оценка качества 3D-моделей. – М.: ИПЦ Маска, 2008. – 272 с.

Сведения об авторах

Бембель Роберт Михайлович, д. г.-м. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)465822, e-mail: rmbembel@rambler.ru

Щетинин Иван Александрович, аспирант кафедры прикладной геофизики, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89125193885, e-mail: Ivan.Schetinin@emerson.com

Information about the authors

Bembel R. M., Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)465822, e-mail: rmbembel@rambler.ru

Schetinin I. A., Postgraduate at the Department of Applied Geophysics, Industrial University of Tyumen, phone: 89125193885, e-mail: Ivan.Schetinin@emerson.com