Геология, поиски и разведка месторождений нефти и газа

УДК 550.82

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИНКЛИНОМЕТРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ 3D-МОДЕЛИ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЕЕ ВЕРОЯТНОСТИ

DETERMINATION OF DIRECTIONAL SURVEY ERRORS USING THE 3D MODEL GEOLOGICAL AND ITS PROBABILITY STATISTICAL ESTIMATION

Р. М. Бембель, И. А. Щетинин

R. M. Bembel, I. A. Schetinin

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

Ключевые слова: инклинометрия; трехмерная геологическая модель; погрешность Key words: directional surveying; three-dimensional geological model; error

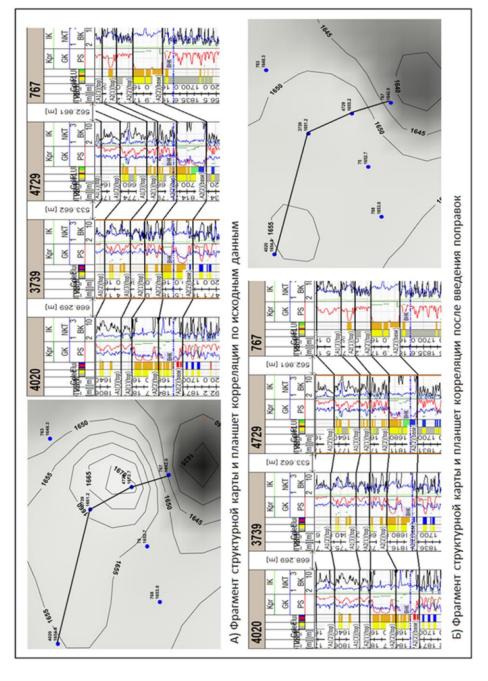
Развитие технологий геологического моделирования позволяет решать все большее количество задач в области планирования (проектирования) скважин. Основным критерием эффективности использования геологических моделей является подтверждение прогнозируемых параметров, что невозможно при отсутствии достоверной информации, используемой при построении модели. Одним из видов такой информации является инклинометрия скважин, которая определяет пространственное положение скважины и ее глубину от поверхности земли, мощность продуктивных пластов. Качество (точность) данной информации влияет на процесс интерпретации данных сейсморазведки, определение характера насыщения в процессе интерпретации материалов ГИС, построение структурной модели.

При построении геологической модели используется весь объем геологогеофизической информации, что позволяет оценить несогласие данных и выявить косвенные признаки погрешности данных инклинометрии. Это позволяет сформировать программу проведения вторичных замеров гироскопическими инклинометрами, что широко применяется при проектировании скважин с горизонтальным окончанием и зарезок боковых горизонтальных стволов для снятия структурных рисков и неопределенностей.

Погрешности инклинометрических исследований обусловлены в общем случае принятой методикой расчета координат оси ствола скважины, погрешностями измерения глубины, шагом измерения для точечных и шагом квантования для непрерывных инклинометров (методическими погрешностями), погрешностями, вызываемыми непараллельной установкой скважинного прибора относительно оси скважины и заметной кривизной ее ствола на длине прибора (установочными погрешностями), а также погрешностями, вызываемыми конечной точностью измерения углов искривления скважин (так называемыми инструментальными погрешностями) [1].

Методические погрешности, независимо от принятой методики расчета координат, определяются выбранным шагом измерений, интенсивностью искривления оси скважин, характером искривления (постоянная интенсивность, меняющаяся с глубиной интенсивность и т. д.).

Установочные погрешности не зависят от шага измерений и погрешностей инклинометра и определяются в первую очередь геометрическими параметрами — соотношением диаметров ствола скважины и охранного кожуха прибора, его длиной, наличием и характером кавернозности ствола, местом привязки данных инклинометрии по глубине относительно скважинного прибора и т. д., а также параметрами искривления оси скважины.



Puc. 1. Влияние погрешности данных инклинометрии на структурную модель

Из практики инклинометрии скважин следует, что при малых интенсивностях искривления (до 0,02 град/м) превалирующее значение имеют инструментальные погрешности, с которыми при увеличении интенсивности искривления становятся соизмеримы погрешности установочные.

При значительных интенсивностях искривления и сложном характере искривления оси скважины преобладающими становятся методические и установочные погрешности. Снижение погрешностей инклинометров не может однозначно обеспечить снижение суммарных погрешностей инклинометрических исследований, равно как не решает эту задачу только усовершенствование методики расчета координат. Существенный вклад в суммарную погрешность могут вносить также дополнительные погрешности, входящие в состав суммарной инструментальной, а именно: от температуры, влияющей на линейные размеры и электрические параметры преобразователей в скважинном приборе, нестабильности источников питания, изменения сопротивления кабеля и утечек, механических колебаний скважинного прибора после установки его на точку измерений за счет упругих свойств кабеля большой длины и т. д.

Это означает, что с увеличением отхода и угла наклона скважины погрешность возрастает в связи с увеличением методических и установочных погрешностей, но даже при исключении прочих факторов остается вероятность инструментальной погрешности.

В общем виде положение ствола скважины определяется конусом неопределенности. Так как каждое измерение может быть представлено диапазоном значений, то каждое последующее производится относительно одного из возможных положений ствола. Оно также характеризуется неопределенностью, которая может возрастать по мере увеличения зенитного угла и отхода скважины. Таким образом, в процессе бурения допускается накопление ошибки и соответствие положения ствола крайним положениям конуса [2].

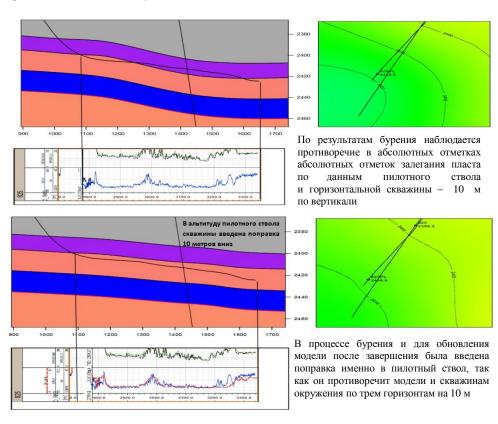


Рис. 2. Планшет по результатам сопровождения скважины при погрешности в инклинометрии пилотного ствола 10 метров по вертикали

В построении геологических моделей допускается введение поправок в положение ствола скважины ввиду возможной погрешности инклинометрии. Поправка вводится на основании несоответствия абсолютных отметок значений водонефтяного и газожидкостного контакта в данных скважинах либо резкого структурного несогласия со скважинами окружения (рис. 1). За эталонные скважины принимаются разведочные скважины и субвертикальные эксплуатационные скважины с удлинением примерно до 15 м (центральные скважины кустов) [3].

Точность данных инклинометрии особую важность имеет для строительства горизонтальных скважин с применением технологии геологического сопровождения бурения [4]. Одним из важных источников информации для определения положения ствола являются абсолютные отметки залегания пластов по скважинам окружения. При проходке горизонтальной секции в целевых пластах малой мощности погрешность данных может быть сопоставима с мощностью пропластка или может превышать ее (рис. 2). В случае значительного противоречия пилотных стволов в геологической модели допускается проведение вторичных замеров инклинометрии. Также возможны аналогичные замеры в скважинах окружения или скважине, в направлении которой ведется бурение (опорная скважина).

При реализации боковых зарезок горизонтальных стволов применяется проведение вторичных замеров инклинометрии в материнских стволах, что важно для определения положения ствола и коррекции плановой траектории бурения (рис. 3), так как регистрация данных ГИС и инклинометрии начинается только от окна срезки, а положение горизонтального ствола зависит от материнского (рис. 4).

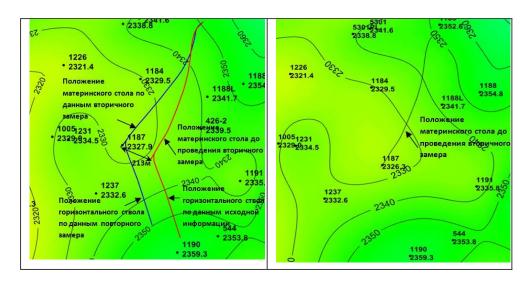


Рис. 3. **Фрагмент структурной карты до проведения повторного замера и после** с нанесением проектной зарезки бокового горизонтального ствола

Наиболее благоприятным является подтверждение двух замеров инклинометрии или их незначительное различие, так как это с большей степенью вероятности позволяет оценивать данные достоверно. Значительные расхождения двух измерений создают дополнительную неопределенность и решение принимается на основании косвенных признаков: марки аппаратуры для измерения, года проведения замера, типа или количества точек записи.

В ходе выполнения работ по строительству горизонтальных скважин были произведены повторные записи в 100 скважинах: материнских, пилотных, транспортных стволах и скважинах окружения. По данной информации было построено распределение разницы абсолютных отметок забоя (рис. 4 а, б) и расстояния между забоями по двум измерениям (рис. 4 в, г).

По данной статистике в 33 % случаев расхождение в абсолютных отметках забоя

превышает 4 метра по вертикали. В 11 % расхождение превышает 10 метров. Максимальное расхождение — 13,9 метров. В 44 % скважин повторные замеры приводят к «просадке структуры», в 27 % — к поднятию и в 29 % расхождения не превышают 2 м. Распределение расхождений близко к нормальному, это означает, что в большинстве случаев неопределенность абсолютных отметок не превышает 4 м по вертикали.

По распределению расхождений положения забоя в пространстве видно, что в 60 % оно не превышает 50 м, а максимальное расстояние между забоями — 275 м. Только в 27 % случаев коррекция положения забоя превышает 80 метров.

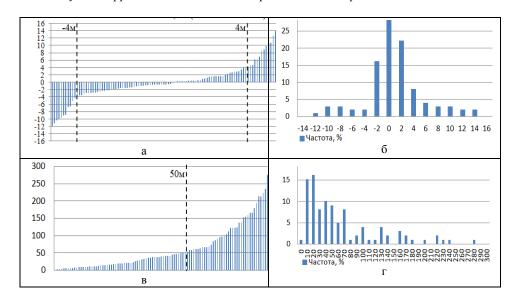


Рис. 4. Графики, построенные по результатам статистической обработки информации по 100 скважинам, в которых были произведены повторные записи инклинометрии: а) гистограмма разницы абсолютных отметок по данным двух замеров инклинометрии; б) распределение разницы абсолютных отметок забоя; в) гистограмма расстояний между забоями по данным двух замеров инклинометрии; г) распределение расстояний между забоями по данным двух замеров инклинометрии

Выводы

- Точность данных инклинометрии имеет значение при построении геологических моделей различной сложности. Особую важность точность положения скважин и достоверность абсолютных отметок имеют при строительстве горизонтальных скважин и реализации зарезок боковых горизонтальных стволов.
- Используемый в данной работе объем данных показывает, что в 77 % случаев расхождения в данных инклинометрии не превышают 4 м, а в 72 % положение ствола определяется кругом допуска 80 м. Но максимальные расхождения абсолютных отметкок забоя скважины и коррекции положения ствола по данной выборке достигали 13,9 м (по абсолютным отметкам глубин) и 275 м (расстояние между забоями скважин).
- Для выявления возможных погрешностей данных инклинометрии, косвенного анализа качества данных и обоснования проведения вторичных замеров с целью уменьшения рисков и уточнения геологического строения возможно применение трехмерной геологической модели посредством анализа водонефтяного и газожидкостного контактов. Отсутствие необоснованных резких изменений абсолютных отметок между соседними скважинами в структурной модели соответствует геологической концепции.
- Схемой добычи с максимальной достоверностью и минимальной погрешностью прогноза следует считать использование вертикальных и субвертикальных стволов скважин, от которых производится боковая зарезка горизонтальных стволов по азимутам и удалениям, оцененным по результатам 3D-сейсморазведки.

Сведения об авторах

- Списоклитературы Зайдель А. Н. Погрешности измерений физических величин. – Л.: Наука, 1985.
- Михайловский В. Н., Иванов С. К. Измерение кривизны скважин. К., 1960.

4. Бембель Р. М., Щетинин И. А. Повышение эффективности разработки месторождений при применении высокоразрешающей объемной сейсморазведки и геологического сопровождения бурения скважин в условиях структур-

5. Исаченко В. X. Инклинометрия скважин. – М.: Недра, 1987. – 216 с.

89829251811.

Бембель Роберт Михайлович, д. г.-м. н., профессор кафедры «Прикладная геофизика»,

Щетинин Иван Александрович, аспирант

Тюменский государственный нефтегазовый уни-

кафедры «Прикладная геофизика», Тюменский

верситет, г. Тюмень, тел. 8(3452)465822

государственный нефтегазовый

Тюмень.

Ivan.Schetinin@emerson.com

дений РД 153-39.0-047-00, утв. Приказом Минтопэнерго России от 10 марта 2000 г. № 67.

- Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газовых месторож-

университет.

e-mail:

ной неопределенности трехмерной геологической модели // Известия вузов. Нефть и газ. – 2015. – № 4. – С.11-19.

versity.

phone: 8(3452)465822

Information about the authors

phone:

Ivan.Schetinin@emerson.com

Bembel R. M., Doctor of Science in Geology and

Schetinin I. A., postgraduate of the chair «Ap-

89829251811.

Mineralogy, professor of the chair «Applied

Geophysics», Tyumen State Oil and Gas University,

plied Geophysics», Tyumen State Oil and Gas Uni-

e-mail: