**В. П. Самодуров**1**, В. Э. Кутырло**2**, А. А. Разводовский**2

1 Белорусский государственный университет,

2 ОАО «Белгорхимпром»

**ОПЫТ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СКВАЖИНАХ**

*Введение.* Инклинометрия — один из обязательных методов геофизических исследований скважин (ГИС), который постоянно используется при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых с помощью бурения. Целью инклинометрических исследований является определение пространственного положения ствола буровой скважины, которое, вследствие ряда причин, всегда отклоняется от проектного его положения. Инклинометрические измерения проводят относительно устья скважины, определяя три параметра: глубину по оси скважины, угол отклонения ствола скважины от вертикали (зенитный угол θ) и азимут . Измерения ведут с помощью инклинометров различного типа — магнитных, электрических, фотографических и гироскопических. По данным замеров строится план (инклинограмма), который является проекцией оси скважины на горизонтальную плоскость, а также профили север—юг и запад—восток. Данные инклинометрии используются для определения истинных глубин залегания геологических объектов (глубин по вертикали), при построении карт и разрезов совместно с другими данными ГИС. Значение инклинометрии особенно возросло в настоящее время в связи с бурным развитием методов направленного бурения, которое требует точного определения положения бурового снаряда для бурения скважины в заданном направлении. В данной работе представлены созданные авторами программы обработки инклинометрических данных и обсуждаются особенности инклинометрических исследований при использовании геофизической аппаратуры разного типа.

*Методы.* Поиски и разведка месторождений ― процесс многолетних работ многих научных и производственных организаций. В результате, первичные полевые материалы инклинометрии в скважинах накапливаются и поступают к окончательной обработке данных в разной форме. Чаще всего исходные данные получают при пошаговом измерении инклинометрических параметров с шагом квантования 10―20 м. Из-за небольшого количества данных, их вводят в программы построения инклинограмм вручную. В настоящее время инклинометры часто входят в состав комплексной геофизической аппаратуры, и тогда все измерения проводят с шагом квантования 0,1―0,2 м, а большой массив данных для компьютерной обработки результатов поступает в виде las-файлов, используемых обычно в ГИС-технологиях. Ранние данные геофизических исследований скважин были получены в своё время на аналоговой аппаратуре и хранятся в настоящее время в графическом виде как диаграммы замеров глубин по оси скважины, зенитного угла и азимута. Обработка результатов инклинометрических исследований регламентирована «Инструкцией по проведению инклинометрических исследований в скважинах» [1]. Многообразие форм исходных данных потребовало создания пакета программ по их обработке, адаптированных к импорту файлов данных, представленных в разных форматах.

*Объект исследований.* Апробация программ инклинометрии выполнена на скважинах Гарлыкского месторождения калийных солей, разведка которого ведется с 1960-х гг. Исходные данные здесь представлены старыми геофизическими диаграммами, данными замеров с шагом квантования 20 м и современными las-файлами с шагом измерений 20 см. Все измерения здесь выполнены дважды, что позволяет определить влияние основных погрешностей на построение инклинограмм. Актуальность работы определяется проводимыми в настоящее время геологоразведочными работами на Гарлыкском месторождении калийных солей.

*Результаты программирования.* В программной среде Delphiнамисоздана в двух вариантах программа обработки инклинометрических данных *Barbara 2013*: 1-й вариант ― для ручного ввода данных небольших массивов, 2-й вариант ― для графического построения инклинограмм исходя из las-файлов. Программа *Barbara 2013* позволяет выполнить ручной ввод данных (глубину по оси скважины, азимут и зенитный угол)

непосредственно через интерфейс и сохранить эти данные в формате xls. Можно также импортировать заранее подготовленные xls-файлы.

При расчёте координат по [1] используются формулы:



где *Xn, Yn, Zn* — координаты определяемой точки *n*; *l* ― шаг измерений между точками *i ― 1* и *i*; *θi―1*, *θi* ― зенитные углы в точках *i ― 1* и *i;αi―1, αi*― азимуты в точках *i*― *1* и *i*.

В зависимости от максимального отклонения ствола скважины от вертикали, графические результаты представляются программой в трёх сечениях: 0―8 м, 0―30 м и 0―100 м. Программа даёт три графических представления: план отклонения ствола скважины от вертикали относительно устья скважины и два профиля (север―юг) и (запад―восток). На этих графических представлениях указываются также абсолютная отметка забоя скважины и глубина и значение максимального отклонения ствола скважины. Программа даёт также табличные данные инклинометрии со следующими параметрами: глубина по оси скважины (м), азимут (град.), зенитный угол (град.), отклонение в плане от вертикали (м), отклонение в профиле север ― юг (м), отклонение в профиле запад ― восток (м), глубина по вертикали (м). Эти данные можно экспортировать в формате xls.

|  |  |
| --- | --- |
| план Гарл 7К ствол 1 инкл 56 | план Гарл 7К ствол 1 инкл 57 |
| Север-юг Гарл 7К ствол 1 инкл 57 | Запад-восток 7К ствол 1 инкл 57 |

Вверху слева ― инклинограмма № 56, все остальные рисунки ― инклинограмма № 57

Рисунок ― **Инклинограммы скв. Гарлыкская 7К**

Устаревшие инклинограммы, представленные в виде диаграмм, нуждаются в оцифровке и переводе этих данных в las-файл. Это можно сделать предварительно, используя bmp-изображение диаграмм. Часто азимут и зенитный угол на диаграммах изображаются разным цветом, что облегчает их распознавание и перевод графических данных в las-файл.

*Результаты инклинометрии.* Выполнены инклинометрические исследования в скв. 54, 5К ствол 1, 5К ствол 2, 5К ствол 3, 7К ствол 1. Глубина скважин варьировала от 474,00 до 546,66 м, при этом максимальные отклонения стволов скважин от вертикали составляли 3,24―24,86 м. Некоторые исследования выполнялось с помощью двух повторных измерений (таблица). Можно видеть, что различия в определении максимального отклонения находятся в пределах 2―11 %. Такие различия отмечаются и в измерении ориентировки ствола скважин. На рисунке, вверху приведено сравнение двух планов по данным измерения 1 и 2 скв. Гарлыкская 7К. Отклонение ствола скважины происходит на север ― первое измерение показало азимут 355, а второе ― 5.

*Обсуждение результатов*. В соответствии с инструкцией [1], расчёты траектории инклинограммы проводятся путём усреднения зенитного и азимутального углов в кровле и подошве измеряемого интервала. Усреднение азимутов при отклонении ствола скважины к северу часто приводит к ложному построению инклинограммы на отдельных участках. Действительно, усредняя два азимута: 5 и 355, получаем среднее значение 180, т. е. южное направление отклонения ствола скважины. В результате, инклинограмма имеет вид «пилы» с зазубринами, как это видно на рисунке, но общее северное направление отклонения ствола скважины сохраняется. По-видимому, некоторые положения инструкции [1], касающиеся методов усреднения азимутов, нуждаются в доработке.

Таблица ― **Сравнение максимальных отклонений при повторных инклинометрических измерениях**

**в скважинах Гарлыкского месторождения**, м

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Измерение | Гарл. 5К ствол 1 | Гарл. 5К ствол 2 | Гарл. 7К ствол 1 |
| 1 | 10,30 | 5,26 | 4,79 |
| 2 | 10,07 | 5,85 | 5,22 |

1. Инструкция по проведению инклинометрических исследований в скважинах. М.: М-во геологии СССР, 1989. 14 с.