

УДК 539.219.2

## УТОЧНЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТИ СКВАЖИН ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТРЕЩИН В ПОРОДАХ ОКОЛОСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА

© 2017 г. Н.В. Дубиня<sup>1</sup>, К.А. Ежов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия*

<sup>2</sup> *Научно-технический центр “Нефтяная Индустрия Сербии”, г. Нови Сад, Сербия*

Скважинные исследования – один из важных источников информации о напряженно-деформированном состоянии верхних слоев земной коры. На сегодняшний день достаточно хорошо развиты методы исследования механических свойств пород, окружающих скважины, и способы определения основных характеристик тензора напряжений, действующих в ее окрестностях. Однако при попытке численной оценки значений максимальных горизонтальных напряжений возникают существенные проблемы.

Работа посвящена снижению неопределенности, возникающей при восстановлении профилей максимальных горизонтальных напряжений, путем привлечения дополнительных данных о структуре пород, получаемых с помощью скважинных микросканеров (микромиджеров), которые позволяют анализировать развертки акустических и электрических свойств пород в малой окрестности скважины. Представляемый авторами подход к совместной интерпретации привлекаемых данных дает возможность выделять в структуре исследуемых пород естественные и наведенные трещины, которые по фильтрационным свойствам могут быть разделены на классы.

Предложена, физически обоснована и математически формализована модель, позволяющая установить связь фильтрационных свойств трещин, их ориентации в пространстве с параметрами, определяющими текущие значения максимальных горизонтальных напряжений, действующих на глубинах, соответствующих интервалам выделения трещин. Практический результат работы – формализованный метод интерпретации данных скважинных микросканеров для наложения дополнительных ограничений на значения максимальных горизонтальных напряжений.

Проведена верификация предлагаемого подхода на синтетических данных. Анализ неопределенностей, возникающих при решении обратной задачи восстановления напряжений по скважинным данным, показал, что использование рассматриваемого подхода позволяет практически вдвое снизить формально рассчитанную погрешность в определении значений максимальных горизонтальных напряжений.

Выполненное исследование позволило ввести в процедуру оценки профилей горизонтальных напряжений вдоль ствола скважины дополнительный параметр, характеризующий закономерности пространственной ориентации трещин в породе, который связан с текущим напряженно-деформированным состоянием среды в окрестности скважины. Использование такого параметра существенно повышает точность оценки значений максимальных горизонтальных напряжений.

**Ключевые слова:** геомеханика, напряженное состояние, геофизические исследования скважин.

### Литература

- Афанасьев И.С., Никитин А.Н., Латышов И.Д., Хайдар А.М., Борисов Г.А.* Прогноз геометрии трещины гидроразрыва пласта // Нефтяное хозяйство. 2009. № 11. С.62–66.  
*Гантмахер Ф.Р.* Теория матриц. М.: Наука, 1967. 576 с.

- Barton C.A., Zoback M.D., Moos D.* Fluid flow along potentially active faults in crystalline rocks // *Geology*. 1995. V. 23, N 8. P.683–686.
- Ito T., Nayuki T., Kato K., Funato A., Satoh T., Kitagawa Y., Kato H.* Development of the deep rock stress tester // 7th International Symposium on In-Situ Rock Stress Proceedings. 2016. P.376–384.
- Prats M.* Effect of Burial History on the Subsurface Horizontal Stresses of Formations Having Different Material Properties. 1981. SPE 9017-PA.
- Silva I., Domingos F., Marinho P., Laronga R., Khan S.* Advanced Borehole Image Applications in Turbidite Reservoirs Drilled With Oil Based Mud: A Case Study From Deep Offshore Angola. 2003. 2003-AA SPWLA Conference Paper.
- Townend J., Zoback M.D.* How faulting keeps the crust strong // *Geology*. 2000. V. 28, N 5. P.399–402.
- Zoback M.D., Barton C.A., Brudy M., Castillo D.A., Finkeiner T., Grollimund B.R., Moos D.B., Peska P., Ward C.D., Wiprut D.J.* Determination of stress orientation and magnitude in deep wells // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2003. V. 40. P.1049–1076.
- Zoback M.D.* Reservoir Geomechanics. Cambridge University Press, 2007. 505 p.