

C07

Impact of geomechanical parameters on VIKIZ and BKZ logs and borehole environment model

G.V. Nesterova* (IPGG SB RAS), I.N. Yeltsov (IPGG SB RAS), L.A. Nazarov (Institute of Mining SB RAS) & L.A. Nazarova (Institute of Mining SB RAS)

SUMMARY

Additional stress and deformation fields are occurred in the borehole environment during drilling. This process has as consequence porosity and permeability variations and change of mud filtration. Authors developed software for joint modeling of geomechanical and hydrodynamic processes around drilling and VIKIZ (induction log) and BKZ (Russian lateral log) log simulation. Impact of geomechanical parameters on distribution of water saturation, salt concentration, resistivity and logs of VIKIZ and BKZ was studied

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ НА КАРОТАЖНЫЕ ДИАГРАММЫ ВИКИЗ И БКЗ И МОДЕЛЬ ОКОЛОСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА

*Нестерова Г.В. * (ИНГГ СО РАН), Ельцов И.Н. (ИНГГ СО РАН), Назаров Л.А. (ИГД СО РАН), Назарова Л.А. (ИГД СО РАН)*

Возникающие при бурении скважины дополнительные поля напряжений и деформаций вызывают в её окрестности изменение пористости и проницаемости, которые являются важными факторами проникновения фильтрата бурового раствора в пласт. Разработанный авторами программно-алгоритмический комплекс позволяет одновременно моделировать происходящие в окрестности скважины геомеханические и гидродинамические процессы и строить электрогидродинамическую модель околоскважинного пространства. Авторами промоделировано влияние параметров геомеханических процессов на распределение водонасыщенности, солёности пластовых флюидов и удельного электрического сопротивления (УЭС) в окрестности скважины и соответствующее изменение показаний зондов электромагнитного каротажа (ВИКИЗ) и электрического каротажа (БКЗ).

При бурении вертикальной скважины в её окрестности возникают и претерпевают эволюцию зоны необратимых деформаций, что вызывает изменение фильтрационно-ёмкостных характеристик среды. Изменение пористости и проницаемости вблизи скважины, в свою очередь, меняет процесс проникновения фильтрата бурового раствора в пласт, распределения водонасыщенности и солёности, а, следовательно, и удельного электрического сопротивления, фиксируемого комплексом электромагнитных и электрических измерений в скважинах. Учёт изменения пористости и проницаемости в зоне возможных деформаций вблизи скважины уточняет модель гидродинамических процессов в окрестности скважины и улучшает интерпретацию скважинных измерений и электродинамическую модель околоскважинного пространства.

На основе разработанного авторами программно-алгоритмического комплекса, позволяющего моделировать одновременно происходящие в окрестности скважины геомеханические [1, 7] и гидродинамические процессы [2-4, 6] были исследованы эффекты, возникающие при учёте геомеханических процессов, и оценено их влияние на геофизические измерения в скважинах. На рис. 1 приведено изменение профиля УЭС (а), кривых зондирования БКЗ (б) и кривых зондирования ВИКИЗ (с) при изменении угла внутреннего трения. На рис. 2 показана зависимость профиля УЭС (а), кривых зондирования БКЗ (б) и кривых зондирования ВИКИЗ (с) от коэффициента бокового отпора. Параметры модели (кроме исследуемых в каждом случае): коэффициент бокового отпора 0.8; сцепление пород скелета коллектора 12 МПа; угол внутреннего трения пород скелета коллектора 15°; модуль Юнга 20 ГПа; коэффициент Пуассона 0.2; проницаемость пласта 50 мД, пористость пласта 20 %, солёность бурового раствора 1 г/л, пластовой воды - 20 г/л. Типичная зависимость проницаемости пород от дифференциального напряжения взята из [8]. На рис. 3 приведены синтетические диаграммы ВИКИЗ, рассчитанные для значений параметров пласта, приведённых в табл., и соответствующие 48 часам после вскрытия пласта. На рис. 4 приведены аналогичные синтетические диаграммы БКЗ.

Кривые БКЗ более чувствительны к изменению геомеханических параметров на рассматриваемых временах, чем кривые ВИКИЗ. Это объясняет замеченные ранее и не укладываемые в электрогидродинамическую модель зоны проникновения высокоомные области вблизи скважины, полученные при совместной интерпретации ВИКИЗ и БКЗ и обусловленные геомеханическим уплотнением среды в процессе бурения

Параметры геомеханических моделей определялись по данным геофизических исследований в скважинах месторождений Западной Сибири и измерениям на керне, проведённым в центре коллективного пользования ИНГГ СО РАН и ИГД СО РАН [5].

Заключение. Показаны и проанализированы эффекты, возникающие при учёте геомеханических процессов, их влияние на геофизические измерения в скважинах. В частности, изменение пористости и проницаемости вблизи скважины может объяснить тот факт, что их значения, определяемые разными методами (акустический каротаж, ЯМР, ядерный каротаж), имеющими разную глубину исследования, различаются между собой. Кроме того, значения, определённые в зоне проникновения, переносятся на неизменённую проникновением часть пласта,

что может приводить к ошибочным оценкам параметров пласта. Учет изменения пористости и проницаемости вблизи скважины позволяет уточнить электрогидродинамическую модель околоскважинного пространства, а, значит, и оценку фильтрационно-ёмкостных параметров пласта.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, проект № 10-05-00835-а и Междисциплинарного интеграционного проекта СОРАН № 89.

Таблица
Фильтрационно-ёмкостные и геомеханические параметры моделируемого пласта

Относительная глубина подошвы, м	Проницаемость, мД	Пористость, %	Нефтенасыщенность, %	Коэффициент бокового отпора	Угол внутреннего трения, град	Сцепление пород скелета, МПа
3	100	20	70	0.8	15	12
5	50	20	70	0.65	25	12
7	70	18	60	0.7	20	12
12	50	20	55	0.65	15	12
14	15	20	40	0.8	15	12
16	25	20	30	без	деформации	

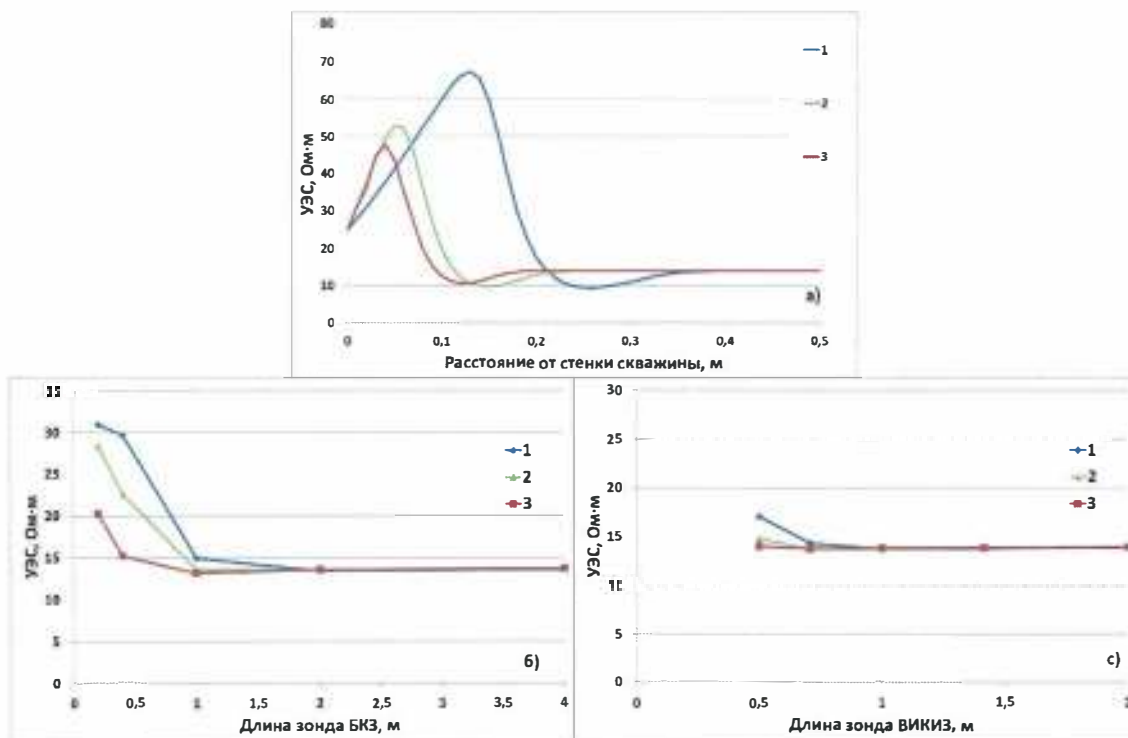


Рисунок 1 Зависимость профиля УЭС (а), кривых зондирования БКЗ (б) и кривых зондирования ВИКИЗ (с) от угла внутреннего трения Fr . Линия 1 - без учёта процессов деформации; 2 - $Fr=25^\circ$; 3 - $Fr=15^\circ$.

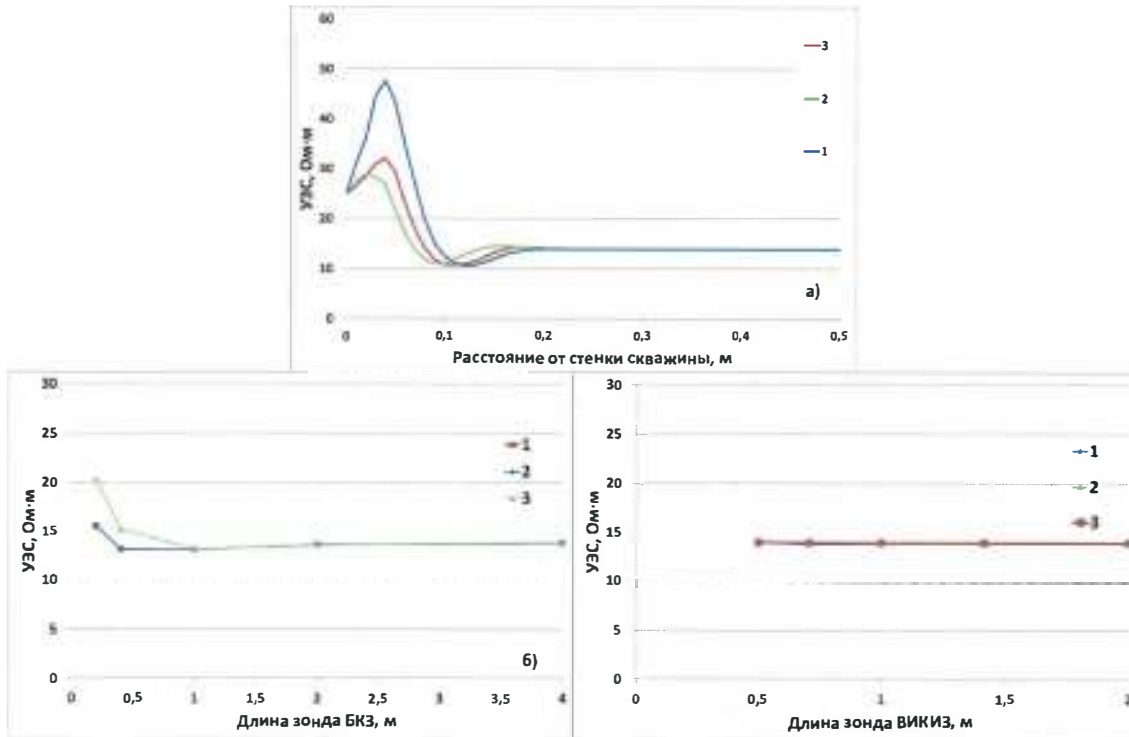


Рисунок 2 Зависимость профиля УЭС (а), кривых зондирования ВИКИЗ (б) и кривых зондирования БКЗ (с) коэффициента бокового отпора q . Линия 1 соответствует $q=0.65$, 2 – $q=0.725$, 3 – $q=0.8$.

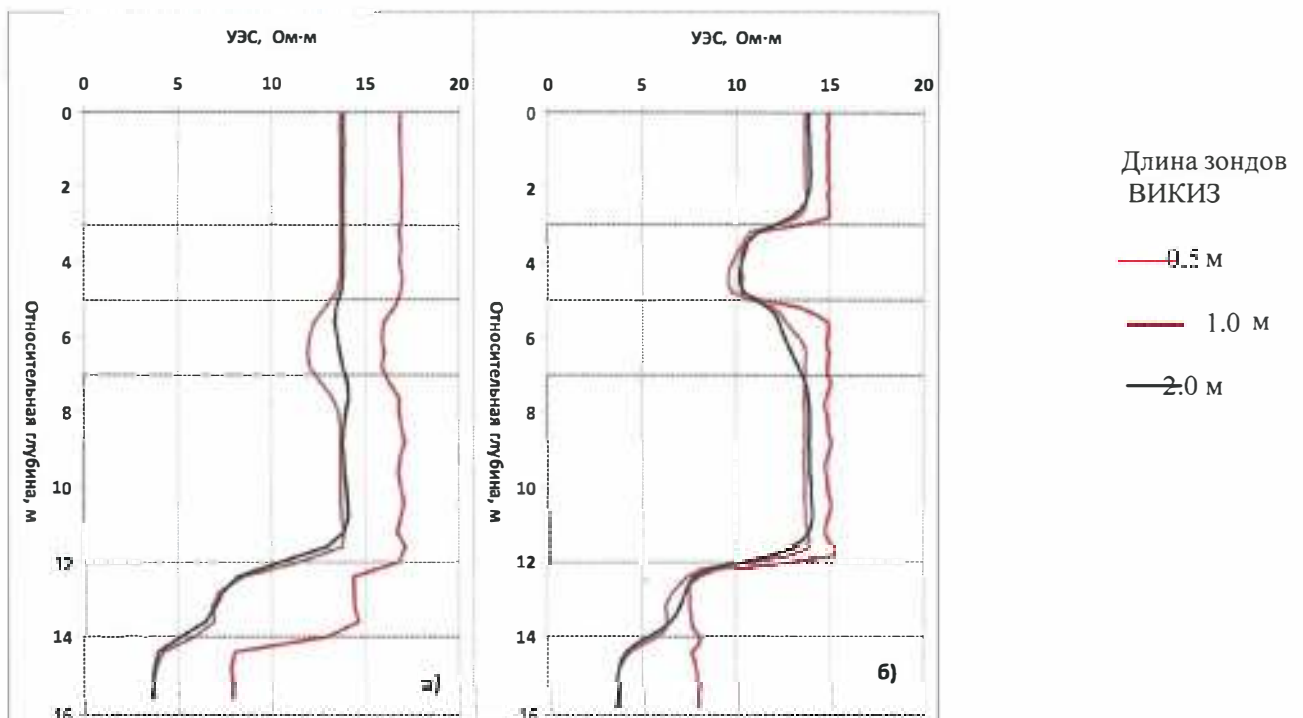


Рисунок 3 Влияние деформационных параметров на синтетические диаграммы ВИКИЗ. а - без учёта процессов деформации, б - с учётом.

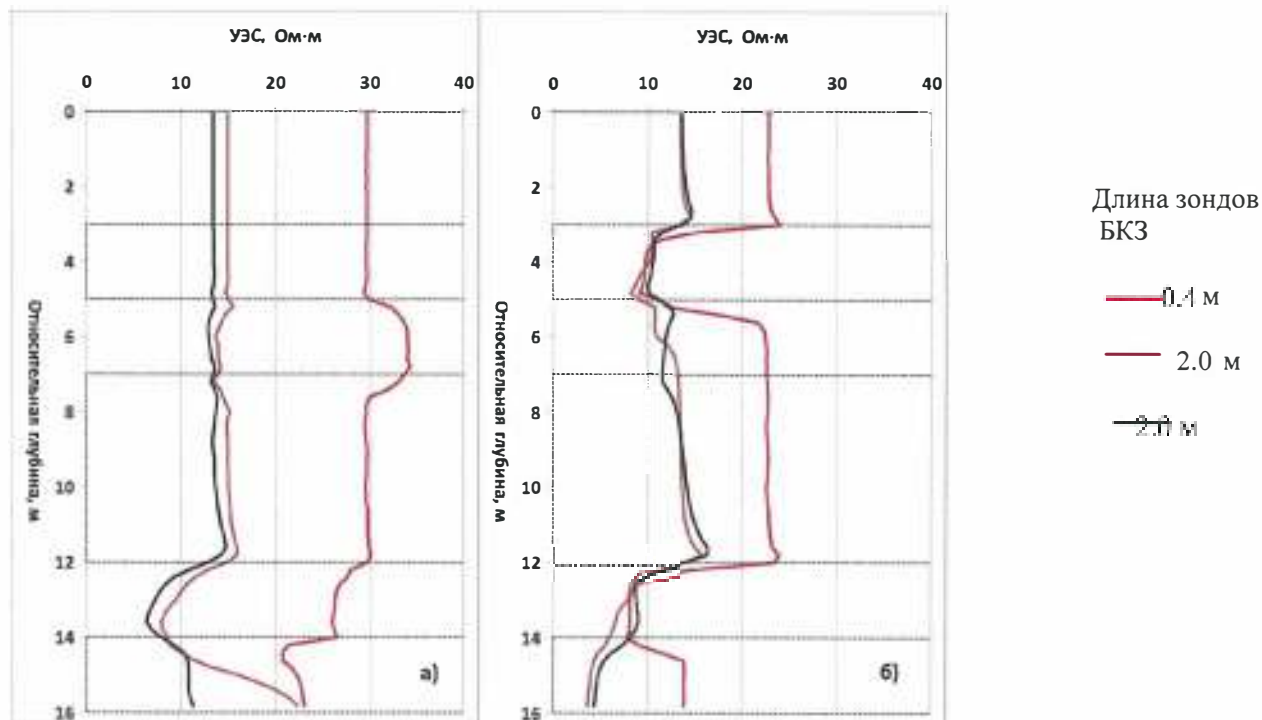


Рисунок 4 Влияние деформационных параметров на синтетические диаграммы БКЗ. а – без учёта процессов деформации, б - с учётом.

Литература

1. Ельцов И.Н., Назаров Л.А., Назарова Л.А., Эпов М.И. Эволюция полей деформаций и фильтрационных параметров породных массивов в зонах возможных разрушений в окрестности глубоких скважин // Физическая мезомеханика. – 2010. – № 13. – 18-22.
2. Ельцов И.Н., Нестерова Г.В., Кашеваров А.А. Петрофизическая интерпретация повторных электромагнитных зондирований в скважинах // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 6. – С. 852-861.
3. Ельцов И.Н., Нестерова Г.В., Назарова Л.А., Назаров Л.А. Комплексная интерпретация данных каротажа с учётом моделирования гидродинамических и геомеханических процессов в окрестности скважины [Электронный ресурс] // Тезисы XIII научно-практической конференции «ГЕОМОДЕЛЬ-2011». – Геленджик. – 11- 15 сентября 2011. – 4 с.
4. Кашеваров А. А., Ельцов И. Н., Эпов М. И. Гидродинамическая модель формирования зоны проникновения при бурении скважин // ПМТФ. – 2003. – Т. 44. – № 6. – С. 148-157.
5. Киндюк В.А. Назаров Л.А., Усольцева О.М., Цой П.А., Ельцов И.Н. Экспериментальное определение деформационных и прочностных характеристик породного массива в окрестности глубоких скважин // Тезисы докладов VII международного научного конгресса «Гео-Сибирь-2011». 19-29 апреля 2011 г. – Новосибирск. – С. 146-150.
6. Нестерова Г.В., А.А. Кашеваров, И.Н. Ельцов. Эволюция зоны проникновения по данным повторного каротажа и математического моделирования // Каротажник. – 2008. – № 1. – С. 52-68.
7. Aziz K., Settari A. Petroleum reservoir simulation. London: Applied Scientific publishers ltd, 1979. – 476 p.
8. Holt R.M. Permeability reduction induced by a nonhydrostatic stress field // SPE Formation Evaluation. – 1990. – N 5. – P. 444-448.