

УДК 550.832.46

А. С. Буевич  
ООО "Нефтегазгеофизика"

## МОДУЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН

Показаны возможности нового ультразвукового прибора для определения скорости, плотности потока и появления газовой фазы в действующих скважинах.

Основным назначением нового прибора для ультразвуковых исследований эксплуатационных скважин (модуль УЗИ) является измерение скорости потока жидкости, ее плотности, а также определение границы появления свободного газа в скважине.

Работа модуля основана на измерении скорости распространения ультразвуковых импульсов и их затухания в среде. Для определения скорости измеряется время прохождения импульса между излучателем и приемником акустических импульсов на базе около 10 см, причем для определения скорости потока измеряется разность времен пробега импульсов вдоль потока в противоположных направлениях.

Модуль УЗИ имеет три измерительных канала:

- времени пробега ультразвуковых импульсов, отградуированный по шкале плотности флюида в процентах от плотности пресной воды при нормальной температуре;
- амплитуды принятых ультразвуковых импульсов, характеризующей затухание акустического сигнала;
- скорости потока жидкости.

На рис. 1 показаны типовые градуировочные характеристики обычного механического расходомера и прибора УЗИ. Кривые качественно отличаются. Показания механического расходомера не зависят от направления движения потока относительно прибора, что в ряде случаев существенно затрудняет интерпретацию, так как при движении прибора по направлению потока возможна смена направления вращения турбинки. Кроме того, к недостаткам механического расходомера следует отнести существование зоны нечувствительности в области малых дебитов (порог срабатывания) и огра-

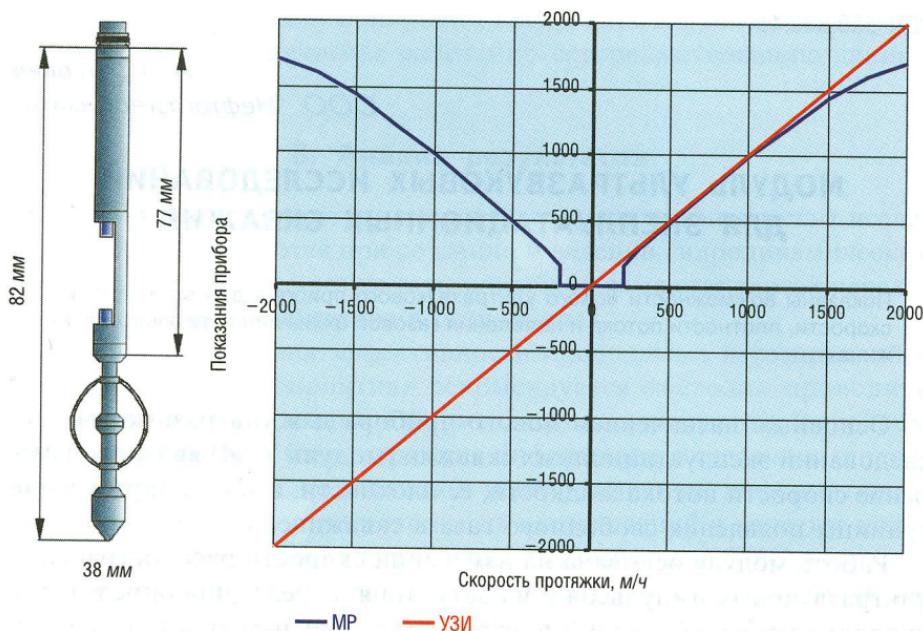


Рис. 1. Модуль УЗИ и сравнение типовых характеристик расходомера УЗИ и механического расходомера

нижение в области больших дебитов. Расходомер УЗИ лишен этих недостатков.

Метрологические характеристики канала скорости потока проверялись на расходомерном стенде и в скважинах. На рис. 2 приведены данные по оценке измерительной характеристики канала скорости потока в скважинах при протяжке прибора с разной скоростью вверх и вниз в условиях отсутствия движения жидкости. Измерительная характеристика практически линейна и не имеет перегиба при изменении направления движения прибора

С целью сравнительной оценки данных, получаемых ультразвуковым и механическим расходомерами, выполнены одновременные измерения профиля поглощения и расхода этими типами приборов. Модуль УЗИ имеет транзитную жилу кабеля, что позволяет использовать его в любой комбинации с другими модулями аппаратуры ГРАНИТ. Профили поглощения, зарегистрированные модулем УЗИ



Рис. 2. Градуировочная характеристика ультразвукового расходомера, полученная в скважине при разных скоростях движения прибора

и механическим расходомером, качественно согласуются и соответствуют выделенным поглощающим интервалам по данным термометрии приставающей скважины.

Расход по данным УЗИ составил  $140 \text{ м}^3/\text{сут}$ , по механическому расходомеру –  $160 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Разрешающая способность канала скорости потока УЗИ оценивается величиной  $45 \text{ м}/\text{ч}$ , что соответствует дебиту  $14 \text{ м}^3/\text{сут}$  в обсадной колонне 146 мм. Модуль УЗИ позволяет контролировать скорость потока в НКТ, при этом разрешающая способность улучшается до  $2 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Канал измерения плотности модуля УЗИ отличается высокой разрешающей способностью – около  $0,003 \text{ г}/\text{см}^3$  или  $0,3\%$ .

На рис. 3 приведены две кривые в приставающей скважине (для оценки повторяемости) – после начала закачки и в процессе закачки.

Наличие на фоновых кривых аномалии ниже воронки НКТ позволяет проследить начало движения столба жидкости после начала закачки. На кривой действующей скважины четко видна нижняя граница поглощающего интервала против нижнего перфорированного пласта.

Для сравнения в левой колонке приведены термограммы, записанные одновременно с соответствующими кривыми плотности.

Высокая разрешающая способность при регистрации плотности позволяет получить дополнительную информацию о динамических процессах в стволе скважины.

Третий параметр, регистрируемый модулем УЗИ, – это канал амплитуды, характеризующий затухание акустического сигнала. Этот параметр позволяет эффективно выделять даже незначительное количество свободного газа в стволе скважины. Приняты специальные меры по сохранению работоспособности прибора в нефтегазовой смеси, где высокое затухание акустического сигнала затрудняет измерения.

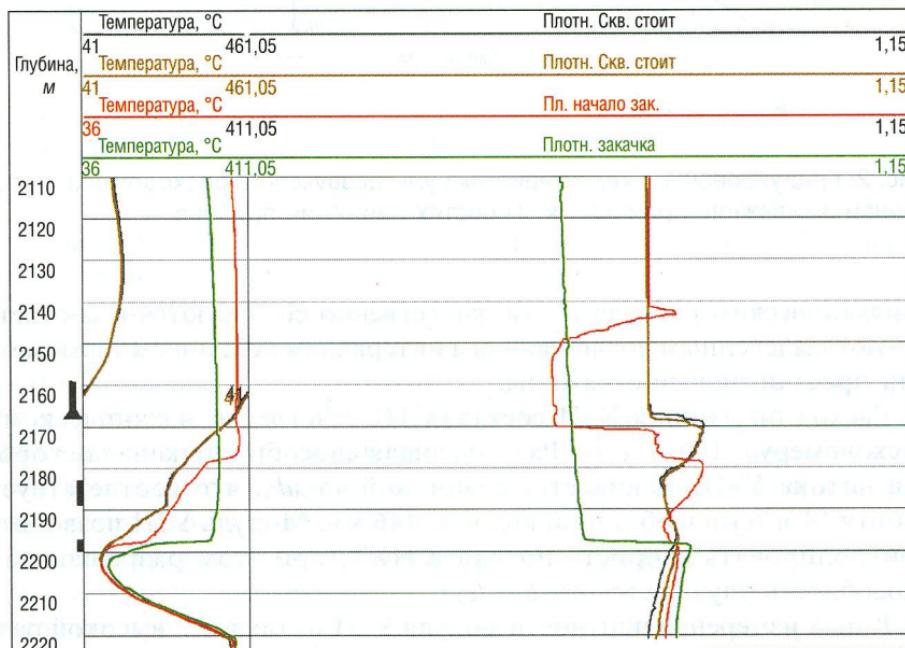


Рис. 3. Кривые плотности и термограммы, зарегистрированные в остановленной скважине после начала закачки и в процессе закачки

На рис. 4 приведены примеры реакции измерительных каналов плотности и амплитуды на приток солярки в воду и газа. Измерения проводились при протяжке модуля в модели горизонтальной скважины (Башгосуниверситет, г. Уфа). В интервалах закачки флюида отмечаются аномалии в каналах плотности и амплитуды, причем для газа аномалии в несколько раз больше.

Масштаб шкалы плотности справа и слева различается в пять раз. Масштаб глубин условный, поэтому не следует обращать внимание на взаимное смещение аномалий в обоих случаях.

На рис. 5 приведен пример реакции модуля УЗИ на приток газированной жидкости после компрессирования скв. 5295 Быстринской пл. Шкала плотности на рис. приведена в процентах от плотности пресной воды.

Амплитуда характеризует затухание акустического сигнала в среде. Газопроявление (даже незначительное) проявляется сильным затуханием по сравнению с водой и нефтью. По мере повышения дав-

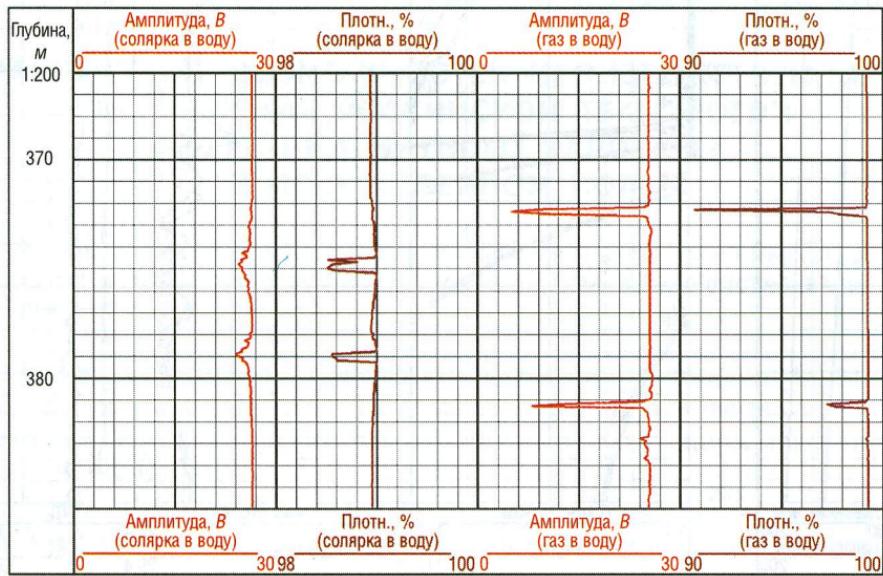


Рис. 4. Пример реакции модуля УЗИ на приток в горизонтальную трубу, заполненную водой, солярки (первая и вторая кривые) и газа (третья и четвертая кривые)

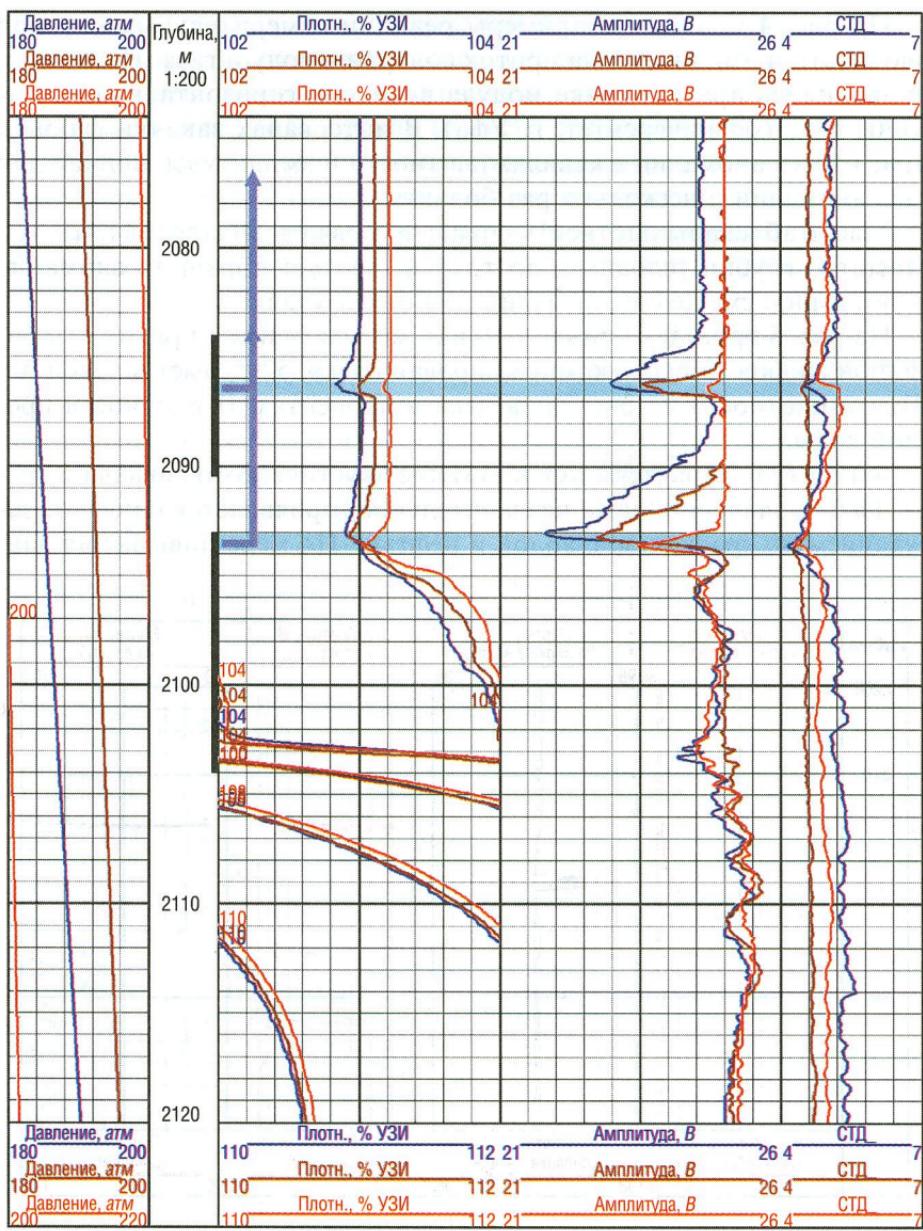


Рис. 5. Выявление слабых притоков газированной жидкости после компрессирования скв. 5295 Быстринской пл.

ления при последовательных замерах газопроявление уменьшается, соответственно уменьшается амплитуда аномалий. Чувствительность УЗИ при выявлении интервалов притока газированной жидкости в данных условиях значительно выше чувствительности СТИ.

Опытно-методические работы, проведенные при содействии треста "Сургутнефтегеофизика" и Башгосуниверситета, позволяют сделать вывод о перспективности использования аппаратуры УЗИ в комплексе геофизических исследований эксплуатационных скважин.

УДК 550.832.582

*В. Ю. Барляев, В. В. Барташевич, В. К. Громцев,  
А. С. Зеленов, Е. М. Митюшин, Р. Т. Хаматдинов  
ООО "Нефтегазгеофизика"*

## **РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО КАРОТАЖА В ИСКУССТВЕННОМ ПОЛЕ**

Анализ результатов работ с новой технологией и аппаратурой ЯМК-ИП в более чем 100 скважинах России, Северной и Южной Америки показал их высокую эффективность.

С 2001 г. тверские геофизики проводят коммерческие работы по исследованию нефтяных и газовых скважин на основе российской технологии ядерно-магнитного каротажа в искусственном магнитном поле ЯМК-ИП [1, 2].

Лежащий в основе технологии новый способ регистрации эффекта ЯМР в скважине, использующий фокусированное радиочастотное поле и редкоземельный магнит, позволил поднять качество измерений. Способ защищен патентом Российской Федерации [3]. Получены патенты за рубежом (Норвегия, Великобритания, Канада, Мексика, Германия).