

Каротаж в процессе бурения: опыт и перспективы

С. В. ГОРШЕНИНА – лаборатория АСОИГИС НТУ ООО «ТНГ-Групп», gorshenina@tng.ru, тел. 8 (987) 229-00-07

М. Я. АГЛИУЛЛИН – лаборатория АСОИГИС НТУ ООО «ТНГ-Групп»

М. В. ЛУКАШОВ – ООО «ТНГ-Геонавигация» ООО «ТНГ-Групп»

В статье освещены вопросы, касающиеся наработок ООО «ТНГ-Групп» в направлении развития каротажа в процессе бурения – собственные разработки модулей LWD, приобретенное оборудование, разработка программно-методических средств для обработки и интерпретации данных LWD, возможности интерпретации и перспективы развития.

Ключевые слова: горизонтальные скважины (ГС), телесистема (ЗТС), комплекс LWD, система каротажа в процессе бурения (СКПБ), наддолготный модуль (НДМ), программно-методическое обеспечение (ПМО), интерпретация, импортозамещение.

Бесспорно, что применение горизонтальных технологий при разработке нефтяных месторождений сегодня стало, практически, повсеместным [1].

Однако большой процент наклонно-направленных и горизонтальных скважин до недавнего времени проводился, с точки зрения геофизики, практически вслепую. Причиной этого являлось отсутствие геофизической информации в процессе бурения – применяемые телесистемы содержали только технологическую информацию, данные инклинометрии и, иногда, ГК [4]. Поэтому, каротаж в процессе бурения с получением максимально возможных геофизических параметров – это крайне востребованное направление на рынке геофизических услуг.

ООО «ТНГ-Групп», уделяя большое внимание научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам в области геофизических исследований бурящихся и действующих скважин, одним из важнейших прорывных направлений своей деятельности считает разработку и внедрение системы каротажа в процессе бурения. Цель создания такой системы – получение информации о скважине в режиме реального времени для оперативного управления бурением и повышение эффективности ГИС за счет исследования незатронутого внешними условиями пласта [3].

В ООО «ТНГ-Групп», начиная с 2015 года, идет разработка, изготовление и внедрение в производственном режиме модулей LWD в двух диаметрах – 120 мм и 178 мм (рис. 1).

В состав комплекса системы каротажа в процессе бурения входят следующие модули: НКПБ (нейтронный каротаж); ЭКПБ (электрический каротаж); ЭМКПБ (электромагнитный каротаж), ГКПБ (автономная запись).

В настоящий момент каротажные модули состыкованы с телесистемой зтс-42ЭМ-М (электромагнитный канал связи). Ведутся опытно-промышленные работы по связке модулей с телесистемой Tensor (гидравлический канал связи) [5].

Для достоверной привязки к глубине данных, получаемых с модулей LWD, используется модуль измерения глубины на основе беспроводной системы сбора данных с технологических датчиков. Модуль позволяет однозначно проводить привязку «время – глубина – данные» и уменьшить дискретность глубины до 20 см.

Модули LWD предназначены для работы как отдельно, так и в связке с другими модулями в различном сочетании. Переданная информация регистрируется на поверхности и в режиме реального времени передается на удаленный веб-сервер. Так же вся первичная информация сохраняется во внутренней флэш-памяти и считывается при подъеме модулей на поверхность.

Достоверность данных, зарегистрированных модулями LWD в процессе бурения, подтверждает сравнение их с данными регистрации обычными комплексами ГИС на кабеле и на трубах (рис. 2а, 2б).



Рис. 1. Комплекс LWD, разработанный в ООО «ТНГ-Групп»

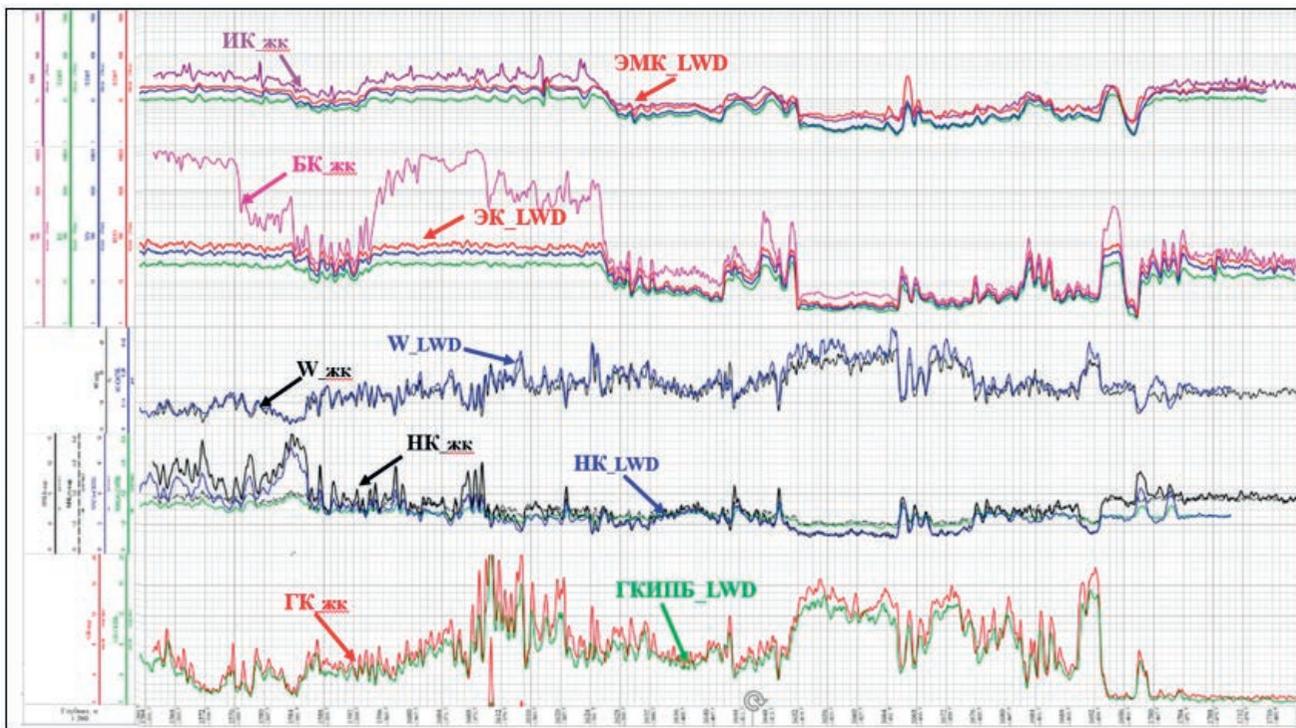


Рис. 2а. Сравнение данных, зарегистрированных модулями LWD (разработки ООО «ТНГ-Групп») с результатами каротажа комплексом на кабеле

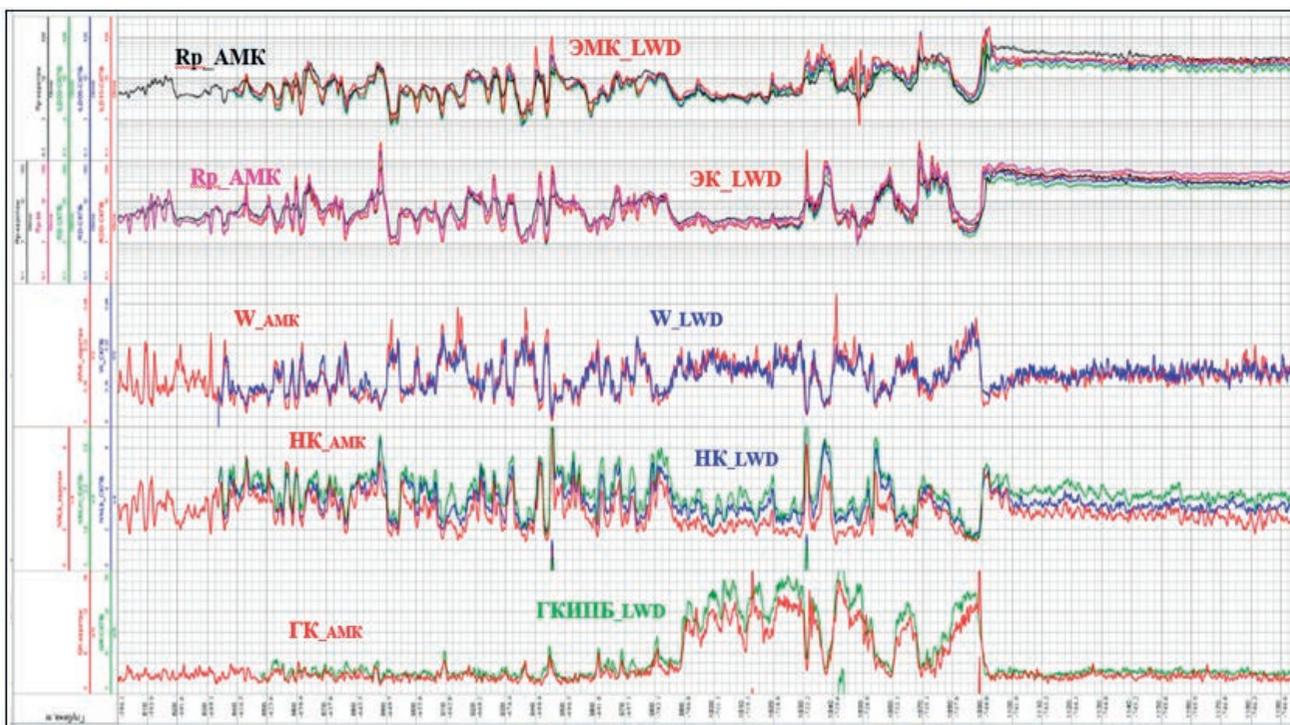


Рис. 2б. Сравнение данных, зарегистрированных модулями LWD (разработки ООО «ТНГ-Групп») с результатами АМК-Г

Интересной и перспективной разработкой ООО «ТНГ-Групп» является наддолотный модуль (НДМ), который используется в наклонно-направленном и горизонтальном бурении. Данный модуль расположен непосредственно около бурового долота, предназначен для измерения технологических и геофизических параметров в процессе бурения и передачи параметров через материнскую телесистему на поверхность.

В настоящий момент разработан НДМ в диаметре 120 мм, работающий в связке с телесистемами: Тензор, Таргет (ООО «Петротул-НБ»). Пробурено более 20 скважин с использованием НДМ разработки ООО «ТНГ-Групп».

НДМ измеряет следующие параметры: зенитный угол, ГК, частоту вращения долота, в обновленной версии – затрубное давление и осевую нагрузку. Все параметры записываются во внутреннюю память прибора и в режиме реального времени передаются в телесистему (рис. 3а, 3б).



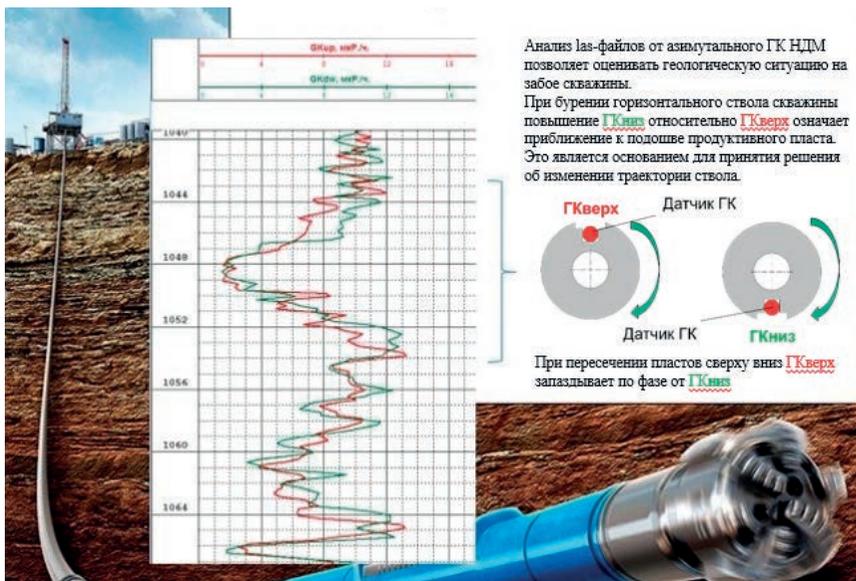


Рис. 35. Функции, вид и схематичное представление работы НДМ

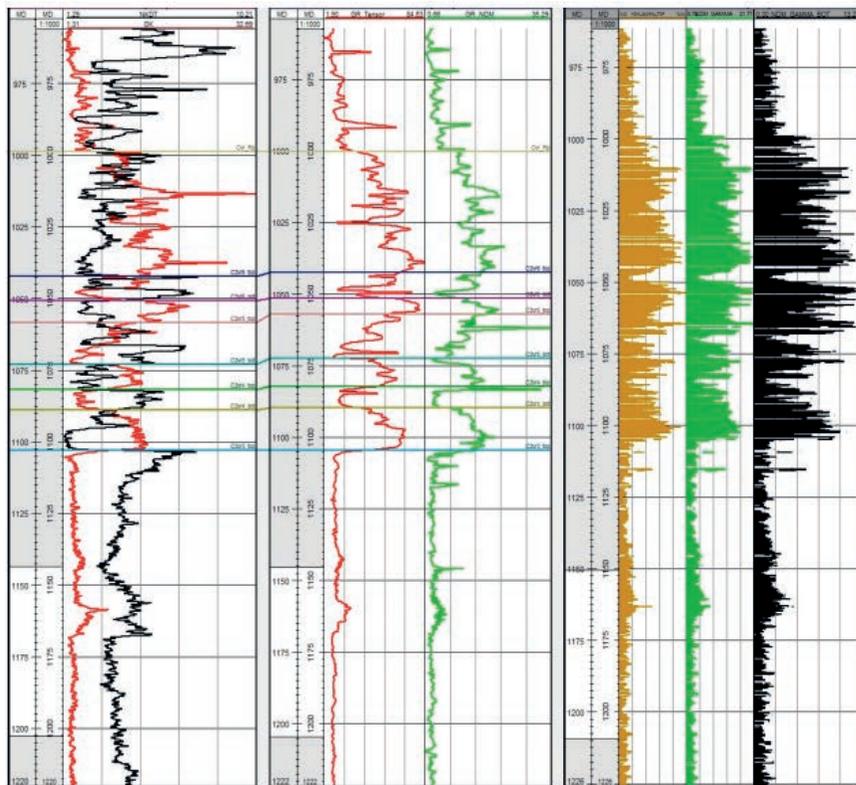


Рис. 36. Сравнение данных ГИС, телесистемы Тензор и НДМ (1 и 2 треки) и данные из флеш-памяти НДМ (3 трек)

Анализ данных от азимутального ГК_НДМ позволяет оценивать геологическую ситуацию на забое скважины. При бурении ГС/БГС показания ГК_низ и ГК_верх относительно друг друга определяют приближение к подошве или к кровле продуктивного пласта. Это является основанием для принятия решения об изменении траектории ствола и проводке по улучшенной части целевого пласта.

Наряду с работами по развитию собственных модулей каротажа в процессе бурения и их стыковки с имеющимся парком телесистем, в ООО «ТНГ-Групп» приобретено альтернативное оборудование отечественной разработки.

Это прибор высокочастотного индукционного каротажа и МРК (LWDxxx-2ННК-ГГКЛП) производства ООО НПП «Энергия» (рис. 4а).

В настоящее время осуществляются коммерческие работы комплекса (индукционный каротаж + МРК (LWD120-2ннк-ггклп) в связке с телесистемой Корвет, также производства ООО «НПО Геомаш».

На рис. 4б представлены планшеты с зарегистрированными данными ГИС и результатами обработки данных LWD.

Данным комплексом структурное подразделение ООО «ТНГ-Групп» ТНГ-Геонавигация работает на Камчатском полуострове на объектах Газпром-Недра, а также пробурено уже несколько скважин для ПАО «Татнефть» и других заказчиков.

В плане применения собственных разработок, на сегодняшний день в ООО «ТНГ-Групп» уже накоплен достаточно большой опыт проведения каротажа в процессе бурения и интерпретации его результатов – проведено более 50 опытно-промышленных работ и пробурено больше 100 коммерческих скважин с модулями каротажа в режиме бурения и проработки скважин.

Для принципиально нового комплекса приборов встала необходимость разработки соответствующего программно-методического обеспечения, позволяющего регистрировать поступающий материал на поверхности, производить первичную обработку данных, решать прямые и обратные задачи ГИС с выходом на петрофизические параметры пород, вскрываемых ГС и/или БГС, и выдачей оперативного заключения в режиме онлайн и окончательного (по данным флеш-памяти) [2].

На сегодняшний день разработанное ПМО каротажа в процессе бурения содержит:

- программно-методическом комплекс GorizNavig для построения минигеологической модели участка бурения ГС или БГС (в том числе, и с привлечением сейсмике) (рис. 5) [3];
- ПМО обработки и привязки к глубине данных LWD из флеш-памяти приборов (рис. 6);
- ПМО расчета параметров ФЕС пластов по данным, полученным при СКПБ (рис. 7);
- расчет Кгл в условиях отсутствия опорных пластов;
- единую технологию совместной эксплуатации ПМО комплекса GorizNavig и исходных данных СКПБ и их результатов обработки.

ПРИБОР ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИНДУКЦИОННОГО КАРТАЖА (РЕЗИСТИВИМЕТР)

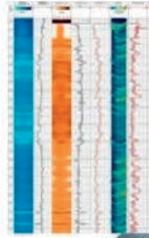


Резистивиметр – это геометрически скомпенсированный, двухчастотный (400 кГц и 1.8 МГц), двухзондовый скважинный прибор, предназначенный для измерения удельного сопротивления горных пород во время бурения скважины.

Замеры удельного сопротивления могут производиться как при использовании растворов на углеводородной основе, так и в соленасыщенных растворах; значения удельного сопротивления передаются в реальном времени; 8 кривых удельного электрического сопротивления с высоким разрешением сохраняются в памяти прибора и могут быть считаны на поверхности после бурения.

Преимущества:

- Основные преимущества резистивиметра «КОРВЕТ» в сравнении с аналогами связаны с конструкцией прибора, в которой скважинный прибор и его наружная немагнитная труба не крепятся друг к другу.



АППАРАТУРА LWD-2ННК-ГГКЛП-ЭГК

Прибор предназначен для измерения объемной плотности, индекса фотоэлектрического поглощения горных пород и определения диаметра скважины в процессе бурения нефтяных и газовых скважинах.

Решаемые задачи:

- измерение объемной плотности горных пород и индекса фотоэлектрического поглощения горных пород;
- детальное литологическое расчленение и стратиграфические исследования;
- определение фильтрационно-емкостных свойств;
- определение минерального состава пород;
- построение развертки ствола скважины для геонавигации (16 секторов);
- определение диаметра скважины.



Рис. 4а. Комплекс LWD, разработанный в ООО НПП «Энергия»

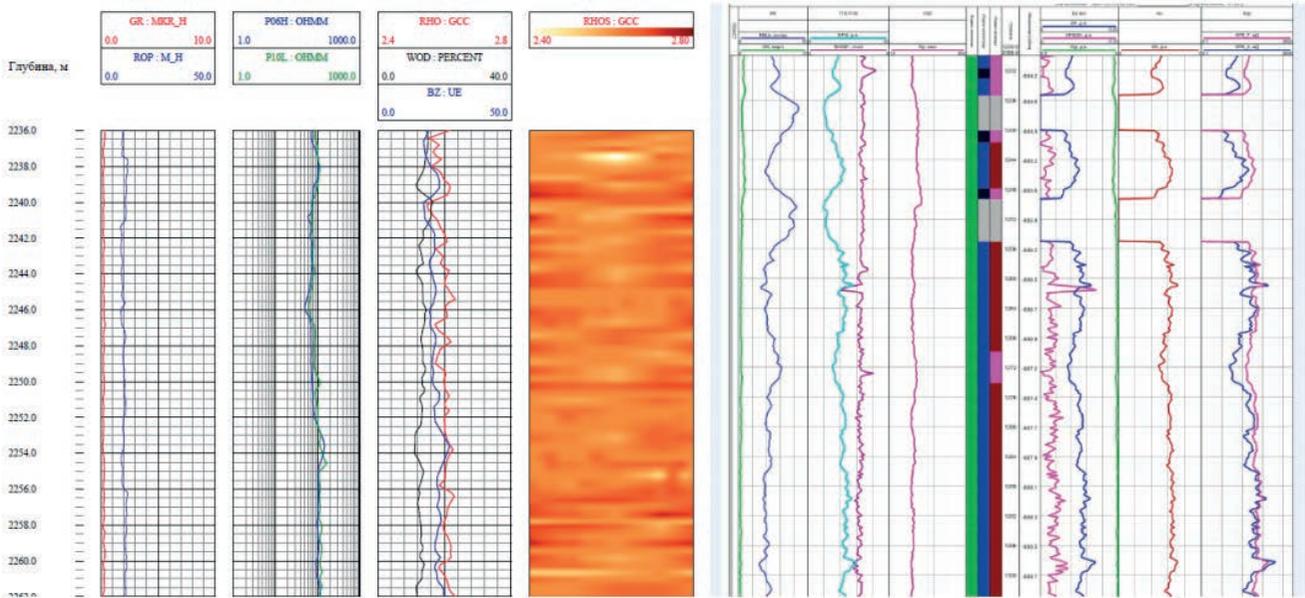


Рис. 4б. Планшеты с зарегистрированными данными ГИС и результатами интерпретации данных LWD

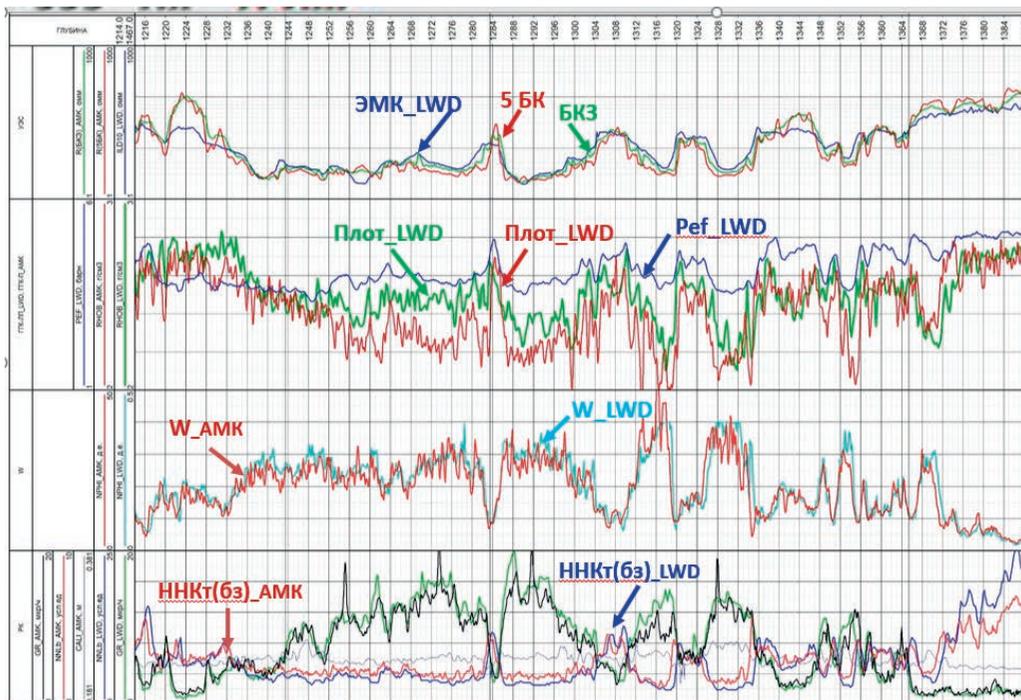


Рис. 4в. Сравнение данных LWD (разработка Геомаш) с данными АМК-Г



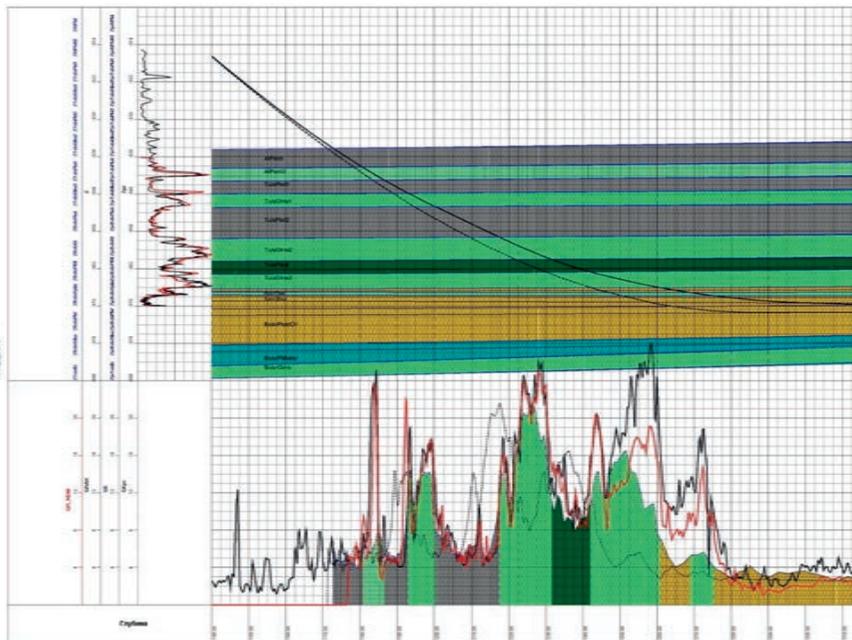


Рис. 5. Минигеологическая модель участка бурения ГС. Пласт с ВНК

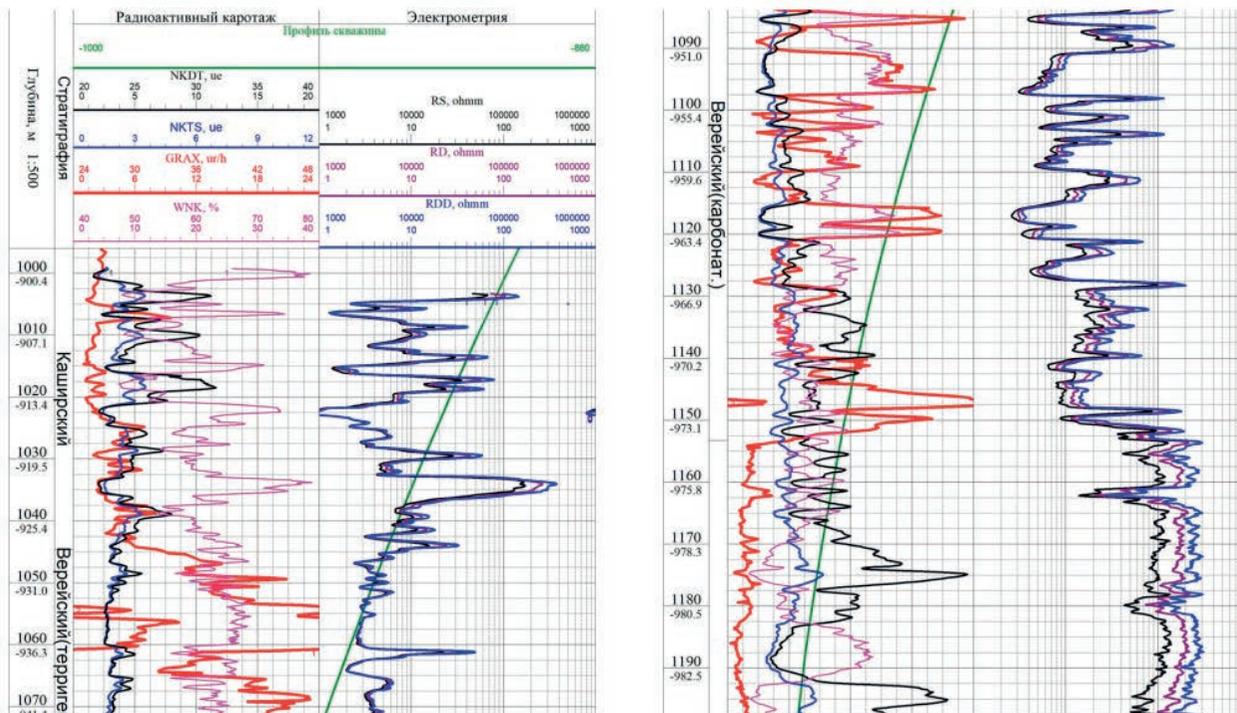


Рис. 6. Планшет с данными ГИС из флеш-памяти модулей LWD

Интерпретация зарегистрированных данных с расчетом ФЕС пластов осуществляется в программных комплексах Гинтел (ООО «ГИФТС», г. Москва) и Прайм (НПЦ «ГеоТек», г. Уфа) (рис. 8а). Заключение по пробуренному интервалу выдается как предварительное – в режиме онлайн (с частотой, определяемой Заказчиком), так и окончательное – по данным из флеш-памяти приборов (рис. 8б).

В заключение отметим, что разработка модулей LWD и ПМО навигации ГС и БГС находится в ООО «ТНГ-Групп» в постоянном развитии [6]. В настоящее время разрабатывается модуль акустического профилера, также в планах расширение линейки модулей. Это, несомненно, существенно увеличит объем геофизической информации, получаемой при LWD, что приведет к повышению качества и достоверности проводки ствола скважины и результатов интерпретации данных каротажа в процессе бурения.

Внедрение полного комплекса каротажных модулей совместно с телесистемой позволит получить LWD-систему на уровне зарубежных аналогов, но по стоимости значительно доступнее для заказчика, что немаловажно с современным курсом на импортозамещение. Также, важным моментом будет сокращение затрат на проведение промежуточного и окончательного каротажей, и оперативная обработка и интерпретация данных, полученных с модулей в режиме реального времени.

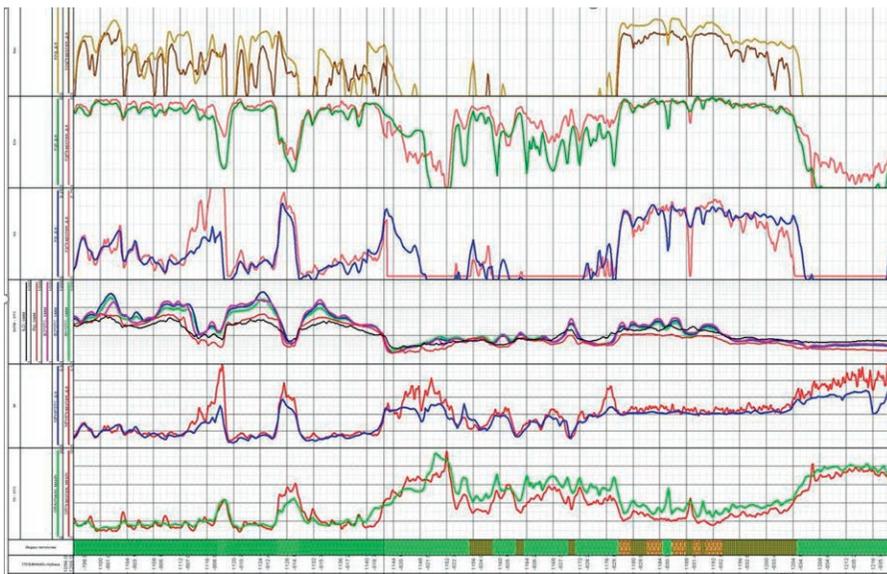


Рис. 7. Интерпретация данных LWD онлайн с расчетом ФЕС пород

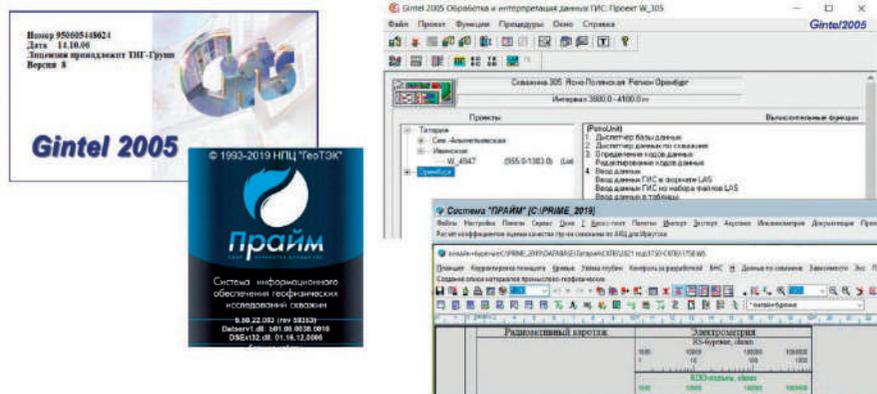
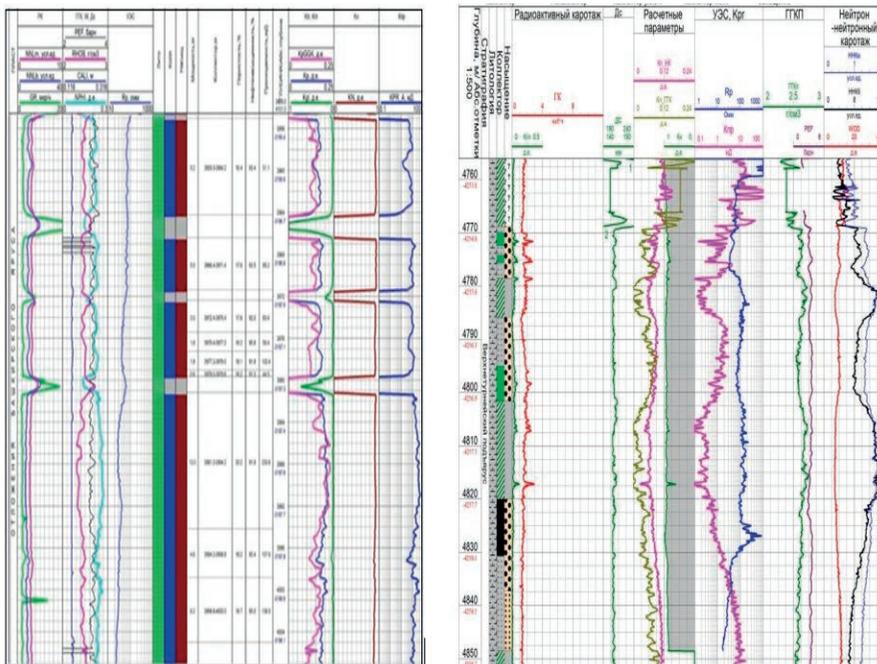


Рис. 8а. Программные пакеты, применяемые для обработки и интерпретации данных LWD



1)

2)

Рис. 8б. Планшет с зарегистрированными данными из флеш-памяти приборов LWD и результатами интерпретации в ПК Гинтел (1) и в ПК Прайм (2)

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аглиуллин М. Я., Корженевский А. Г., Юсупов Р. И., Боброва Г. И., Ахметов Н. З., Нафиков А. З. Методика проектирования и контроля строительства горизонтальных скважин с использованием геолого-геофизической информации // НТВ «Каротажник», Тверь, Изд. АИС, 2003 г., Вып.109., стр. 173–188.
2. Аглиуллин М. Я., Нафиков А. З., Ахметов Н. З., Юсупов Р. И., Аблеев М. Г., Боброва Г. И. О прогнозировании фильтрационно-емкостных свойств пласта в проектируемой горизонтальной скважине // Актуальные задачи выявления и реализации возможностей горизонтальных технологий нефтеизвлечения», Казань, Изд. Плутон, 2003 г., стр. 142–146.
3. Аглиуллин М. Я., Мухамадиев Р. С., Гайван А. Г., Горшенина С. В., Часовская И. Б., Ахметшин Р. У. Программно-методическое обеспечение GORIZNAVIG для навигации горизонтальных скважин и боковых горизонтальных стволов // «Геофорум», г. Бугульма, 2013 г., Вып.4. стр. 37–40.
4. Гайван А. Г., Горшенина С. В., Купцов В. П. СКПБ: повышение качества ГИС и снижение затрат при заканчивании наклонно-направленных девонских скважин // «Геофорум», г. Бугульма, 2016 г., Вып.4. стр. 30–36.
5. Дубровский В. С., Мухамадиев Р. С., др. Некоторые результаты испытаний модулей каротажа в процессе бурения на месторождениях ПАО «Татнефть» // «Геофорум», г. Бугульма, 2016 г., Вып. 1. стр. 6–10.
6. Киргизов Д. И., Горшенина С. В., Костылев В. В. Результаты испытаний системы каротажа в процессе бурения (LWD) разработки ООО «ТНГ-Групп» // «Геофорум», г. Бугульма, 2016 г., Вып.4. стр. 30–36.