

# Технология за круглым столом: MWD

## Technology Roundtable: MWD



Виталий Чубриков  
Baker Hughes  
Vitaly Chubrikov  
Baker Hughes



Николай Кутценко  
GE Oil&Gas  
Nikolay Kutsenko  
GE Oil&Gas



Роман Доронин  
Halliburton  
Roman Doronin  
Halliburton



Станислав Тер-Сааков  
Halliburton  
Stanislav Ter-Saakov  
Halliburton



Очир Джамбинов  
Phoenix Technology Services  
Ocir Dzhambinov  
Phoenix Technology Services



Рик Бартон  
Weatherford  
Rick Barton  
Weatherford

## Как телеметрические системы для проведения скважинных измерений в процессе бурения (системы MWD) позволяют улучшить эффективность бурения и изученность коллектора?

**Baker Hughes:** Вначале, позвольте вернуться к принятой в отрасли классификации телеметрических систем (MWD) и систем каротажа в процессе бурения (LWD): телеметрические системы обеспечивают данными по инклинометрии (траектории ствола скважины), забойной температуре, давлению, динамическим параметрам бурения и, в некоторых случаях, гамма-каротажу; системы же каротажа в процессе бурения LWD обеспечивают данными по свойствам горных пород и пластовых флюидов, таких как вода, нефть, газ, технически позволяя отказаться от традиционного комплекса ГИС в открытом стволе. При этом системы каротажа в процессе бурения LWD всегда используются в едином комплексе с телеметрической системой MWD для фактического расчета траектории буримой скважины. Таким образом, телеметрические системы MWD, как отдельный сервис, имеют очень ограниченные возможности для изучения коллектора: гамма каротаж служит для измерения естественной радиоактивности горных пород, позволяя только качественно определять геологию буримого разреза (сланцы-песчанники-карбонаты) и проводить корреляцию с соседними скважинами для уточнения глубин залегания пластов.

С точки зрения эффективности бурения, системы MWD обладают гораздо большими возможностями. Развитие технологии идет по четырем основным направлениям:

- » совершенствование навигационных датчиков и обрабатывающего программного обеспечения для повышения точности проводки ствола скважины
- » увеличение скорости передачи данных для сокращения времени на измерения при бурении
- » расширение комплекса регистрируемых и передаваемых данных измерениями динамических параметров бурения и давления внутри- и затрубного пространства для выбора оптимальных режимов бурения, промывки скважин и плотности бурового раствора, сокращая время строительства скважины и снижая риски, связанные с дифференциальными прихватами и гидроразрывами.
- » повышение надежности скважинного оборудования MWD и сокращение непроизводительного времени, связанного с отказами оборудования.

**GE Oil&Gas:** Телеметрические системы позволяют улучшить эффективность бурения, обеспечивая точное размещение скважин и предоставляя информацию о динамике бурения в реальном времени

## How does a MWD system improving drilling efficiencies and formation understanding?

**Baker Hughes:** First of all, let's go back to industry adopted classification of telemetry systems - MWD (measuring while drilling) and LWD (logging while drilling) systems: MWD systems provide directional survey data (well path), bottom hole temperature, pressure, drilling dynamic parameters and, in some cases, gamma logging; while LWD systems provide data on formation and formation fluids properties such as water, oil and gas – thus technically giving an opportunity to replace traditional openhole geophysical well logging. With that, LWD systems are always used in combination with MWD system for actual well path monitoring of the well drilled. Thus, MWD systems as a separate service have limited capabilities for formations characterization and understanding: gamma logging serves to measure natural radioactivity of the rock, only allowing for qualitative determination of the geology of the drilled section (shales-sandstone-carbonates) and the correlation with offset wells. In terms of the drilling efficiency, MWD systems have much greater capabilities. The technology is developing in four major trends:

- » improving survey sensor and processing software for increased precise well path placement
- » increasing data transfer rates to minimize measurement time to shorten survey measurement and transmitting time while drilling
- » amplification of measured and real-time transmitted data with drilling dynamics parameters and inner tube and annular pressures, for drilling parameters optimization, well cleanout and mud density, minimizing well construction time, decreasing the differential stuck and hydrofracturing risks.
- » Improving reliability of downhole MWD tools to minimize equipment failures related NPT.

**GE Oil&Gas:** An MWD system can improve the drilling efficiencies by ensuring accurate real-time well placement and providing real-time drilling dynamics information to optimize the drilling parameters and improve ROP or longevity in hole. Real-time formation evaluation from Gamma, resistivity and other LWD measurements allow the operator to adjust the wellpath in real-time to ensure the well remains in the sweet spot in the reservoir.

**Halliburton:** Measurement-while-Drilling (MWD) surveying technology can be used to determine the well path and its position in three-dimensional space as well as to establish true vertical depth, bottom-hole location and orientation of directional drilling systems.

A range of measurements of the drillstring, BHA and wellbore properties are available to ensure the drilling is occurring according to plan and to identify conditions that could lead to equipment damage or other non-productive

для оптимизации параметров бурения и улучшения скорости проходки и долговечности скважины. Оперативная информация о состоянии пласта, полученная с помощью замеров гамма-излучения, сопротивления и других телеметрических измерений позволяют оператору регулировать траекторию скважины в реальном времени, чтобы обеспечить размещение скважины в наиболее продуктивной части пласта.

**Halliburton:** Технология измерений во время бурения (MWD) может использоваться для определения траектории скважины в трехмерном пространстве, а также установления истинной глубины по вертикали, расположения забоя и ориентации направляемых буровых систем.

Системы позволяют измерять ряд параметров для буровой колонны, КНБК и ствола скважины, что обеспечивает бурение согласно плану и позволяет выявлять обстоятельства, которые могут привести к повреждению оборудования или другие чреватые простоями условия. Измерения в процессе бурения дают возможность своевременных действий по сохранению проектной траектории ствола скважины. Указанные измерения позволяют получать информацию о:

- » Силах, действующих на буровую колонну и КНБК, включая динамические характеристики и вибрацию
- » Статическое и динамическое давление внутри буровой колонны и в затрубном пространстве
- » Размеры и форму самого ствола скважины

Каротаж во время бурения (LWD), включающий широкий спектр датчиков (система с точным контролем давления PCD, датчик гамма-излучения (PCG, DGR), датчики сопротивления (EWR™, ADR™, AFR™), плотности (ALD™), нейтронные (CTN™), ультразвуковые датчики (XBAT™), позволяют в реальном времени получать данные для направленного бурения горизонтальных скважин и скважин с большими отходами, что обеспечивает эффективное использование дорогостоящего

time events. By delivering these measurements while drilling, action can be taken to ensure proper wellbore positioning is maintained.

These measurements provide information on:

- » The forces acting on the drillstring and BHA including dynamic behavior and vibration
- » The static and dynamic pressures internally within the drillstring and the annulus
- » The size and shape of the wellbore itself

Logging-while-Drilling (LWD), meaning the wide logging set (PCD, Gamma Ray (PCG, DGR), Resistivity (EWR™,

ADR™, AFR™), density (ALD™), neutron (CTN™), sonic (XBAT™) sensors), allows the acquisition of data in real time to help direct high-angle and horizontal drilling and to help ensure efficient use of expensive rig time. Running a downhole tool enables to perform logging in horizontal wells which is not possible with wireline. Logging in real-time also enables to steer the wellbore in the sweet spot of the reservoir.

### Phoenix Technology Services

**Russia:** First a few words about what an MWD system is. The main aim of a MWD system is to determine directional survey data (zenith angle and magnetic azimuth values) in real time during drilling and transfer this data to the surface with the purpose of identifying the spatial location of the well path. With that, directional

survey data is often supplemented with drilling parameters, BH temperature and gamma logging data. Gamma logging enables operators to measure the natural radioactivity of rock, separating the geological section into clay and non-clay constituents, which works especially well for the terrigenous sections of Western Siberia as well as in other conditions. When various LWD systems are used for more detailed reservoir research, MWD systems, amongst other things, acts as a connecting link by sending data to the surface. Today, the use of MWD systems has become an integral part of drilling deviated and horizontal wells. It is nearly impossible to meet the objectives the geologists set to the drilling crews – following the designed well path and hitting geological targets

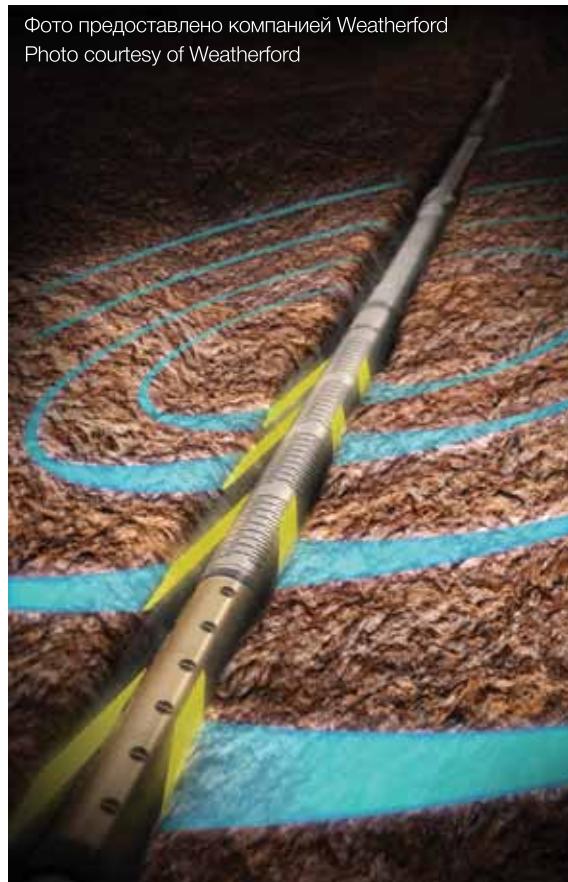


Фото предоставлено компанией Weatherford  
Photo courtesy of Weatherford

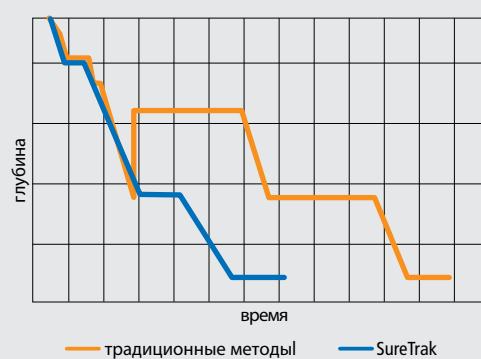
# Превратите интервалы осложнений в продуктивные зоны.

По сравнению с традиционными методами сервис SureTrak сокращает НПВ в процессе бурения и заканчивания в интервалах осложнений.

## Сервис бурения управляемым хвостовиком SureTrak позволяет пробурить, оценить пласти и установить хвостовик за один рейс.

Сокращает время простоя, риски и высокие затраты на бурение и заканчивание сложных скважин с одновременным набором угла и разворотом по азимуту путем установки хвостовика в процессе бурения. Сочетая роторную управляемую систему компании «Бейкер Хьюз» AutoTrak™ с модульными технологиями ГИС в процессе бурения и забойной телеметрии, сервис SureTrak™ дает возможность получить данные, необходимые для принятия решений, имеющих критическое значение, в режиме реального времени, в процессе разбуривания сланцевых или истощенных коллекторов.

Сервис компании «Бейкер Хьюз» SureTrak™ дает возможность бурить, оценивать и устанавливать хвостовик на проектной глубине забоя за один рейс, превращая ваши интервалы осложнений в продуктивные зоны.



[www.bakerhughes.com/suretrak](http://www.bakerhughes.com/suretrak)

времени работы буровой. Использование забойной КНБК позволяет проводить каротаж в горизонтальных скважинах, что не возможно при использовании кабеля. А каротаж в режиме реально времени, в свою очередь позволяет давать своевременные корректировки для расположения ствола скважины в пласте с оптимальными ФЭС.

**Phoenix Technology Services Russia:** Что такое телеметрическая система для проведения скважинных измерений в процессе бурения – система MWD. Основное предназначение телеметрической системы MWD заключается в определении и передаче в режиме реального времени во время бурения на поверхность данных инклинометрии (зенитного угла и магнитного азимута) для определения пространственного положения (траектории) скважины. При этом данные инклинометрии очень часто дополняются информацией о параметрах бурения, температуре на забое и гамма-каротажом. Гамма-каротаж позволяет измерять естественную радиоактивность горной породы, разделяя геологический разрез на глинистую и не-глинистую составляющие, что хорошо работает особенно в условиях терригенного разреза Западной Сибири и не только. В случае применения, для более детального изучения свойств коллектора, различных систем каротажа во время бурения LWD телеметрическая система MWD, кроме прочего, выполняет роль связующего звена – передает данные на поверхность. На сегодняшний день телеметрические системы MWD стали абсолютной неотъемлемой частью при бурении наклонных и горизонтальных скважин. Без применения телеметрических систем практически невозможно решать задачи, которые перед буровиками ставят геологи – выполнение необходимых траекторий скважин и попадание в геологические цели. С точки зрения применения телеметрических систем MWD для повышения эффективности бурения, то цель здесь проста – бурение скважины без отклонений от плановой траектории и без непроизводительного времени из-за отказов оборудования. Для компании Phoenix Technology Services это является главной целью. Основной и единственный бизнес для Phoenix Technology Services – это телеметрическое и инженерное сопровождение наклонно-направленного бурения.

**Weatherford:** В качестве примера приведу передовые датчики вибрации TVM2 компании Weatherford, которые позволяют осуществлять мониторинг движения буровой колонны для предотвращения вибраций, завихрений и скачков долота на забое. А применение системы Comanche позволяет осуществлять оперативный анализ крутящего момента, контролировать нагрузку на долото



Фото предоставлено компанией Baker Hughes  
Photo courtesy of Baker Hughes

without using MWD systems. As for using MWD to increase drilling efficiency, the purpose here is simple: drilling a well without deviations from the planned well path and without NPTs due to equipment failures. And for Phoenix Technology Services, this is the main goal. The main and only business for Phoenix Technology Services is telemetry and engineering support for directional drilling.

**Weatherford:** Using Weatherford's Industry leading TVM2 vibration sensors enables real time monitoring of drill string vibration, enabling mitigation of harmful vibration, whirl and bit bounce. Use of the Comanche system provides real time analysis of torque, WOB and RPM parameters along with the survey information to update models of torque and drag and BHA behaviour analysis enabling optimum drilling parameters to be set which will increase the reliability of all downhole components.

New levels of formation understanding are found using Weatherford's latest suite of LWD technology. Tools such as the ShockWave™ sonic, PressureWave™ formation pressure tester and SineWave™ microresistivity imager give unparalleled levels of information to the end user including direct pore pressure measurement, detection of fractures and thin laminations, indications of rock strength and formation brittleness along with porosity measurements.

**As Russia increases the amount of horizontal wells drilled, is there an increased use of MWD utilization across the region,**

и частоту вращения, получать информацию для моделирования скручивающих и осевых нагрузок на бурильную колонну и контролировать поведение КНБК – все это позволяет задать оптимальные параметры бурения для повышения надежности работы всей забойной компоновки и каждого из ее компонентов.

Новые высококачественные данные о пласте можно получить, используя передовой комплекс каротажных приборов LWD компании Weatherford. Такие инструменты, как прибор акустического каротажа ShockWave™, испытатель пластов PressureWave™ и имиджер микрокаротажа SineWave™ предоставляют заказчику разноглазовую информацию: данные о поровом давлении, информацию о выявленных трещинах и наслоениях, показатели прочности породы и пористости пласта, а также проницаемость.

**Все больше горизонтальных скважин бурится в России: наблюдается ли рост использования систем MWD в регионе и каким вам видится рост этого сектора отрасли в ближайшие годы?**

**Baker Hughes:** Полностью согласен с вашим утверждением – объемы горизонтального бурения в России неуклонно возрастают год от года. При этом горизонтальное бурение используется как инструмент поддержания добычи как на зрелых месторождениях,

**and how do you see growth in this sector over the coming years?**

**Baker Hughes:** I completely agree with your statement: horizontal drilling activities are steadily growing year on year in Russia. Interesting fact is that horizontal drilling technology is utilized for both brownfields to maintain production, and for greenfields development. The reason is obvious: operational expenditures to drill a horizontal well are not that much different from drilling a vertical or directional well, but the horizontal well provides much greater drainage area and thus, higher flow rates. Moreover, horizontal drilling is used extensively for offshore fields' development, allowing wider drilling area coverage from just one or few offshore platforms. Given the benefits of horizontal drilling, we believe that horizontal drilling activities and MWD application, combined with LWD systems, will continue to grow in the years to come.

**GE Oil&Gas:** As operators increase the amount of horizontal wells being drilled so does the dependence on a highly efficient and accurate MWD systems to accurately place these wells with minimal NPT. The steep production decline curves associated with many unconventional developments require a continuous drilling program to replace production.

**Halliburton:** The increase in horizontal well activity has

GE Oil & Gas

# Extreme Conditions. Expert Navigation Required.

More options and lower risks with GE's MWD and LWD Systems.

When you run GE's MWD/LWD Systems, your company not only bids on more profitable jobs, but also minimizes operational risks.

GE's MWD and LWD Systems are designed to withstand extreme environments while providing accurate, reliable measurements. They also feature multiple options to address a wide variety of drilling conditions. Add our purchase business model and GE's commitment to R&D, and your profit picture gets even brighter.

To find out how GE Oil & Gas can help you offer innovative oilfield services today, please visit our website at [www.ge-energy.com/oilfield](http://www.ge-energy.com/oilfield).

Innovation Now: You and GE Oil & Gas.



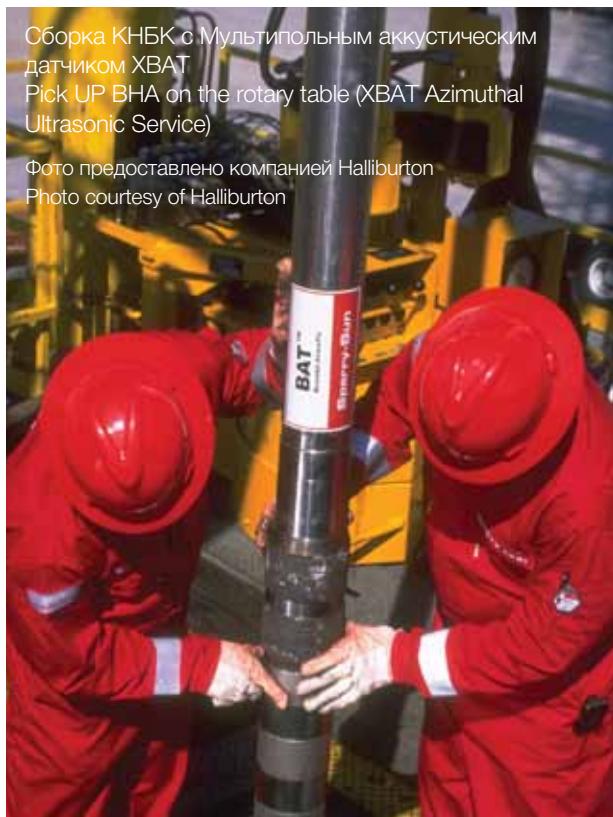
GE imagination at work

так и при разработке новых. Причина очевидна – при сравнительно близких удельных затратах на бурение вертикальной или наклонно-направленной скважины, горизонтальная скважина обеспечивает гораздо большую зону дренирования и, соответственно, большие дебиты. Кроме того, горизонтальное бурение широко применяется при разработке морских месторождений, позволяя разбуривание большей площади с одной или всего нескольких морских платформ. Исходя из преимуществ горизонтального бурения, мы считаем, что в ближайшие годы объемы горизонтального бурения с применением телеметрических систем MWD в комплексе с системами каротажа LWD будут только расти.

**GE Oil&Gas:** С увеличением строительства операторами горизонтальных скважин, все большую значимость получают точные и высокозэффективные телеметрические системы, позволяющие размещать такие скважины с минимальными простоями. Наблюдаемый на многих нетрадиционных месторождениях резкий спад производства говорит о необходимости применения постоянной программы бурения для восстановления добычи.

**Halliburton:** Рост активности в сфере бурения горизонтальных скважин стал причиной растущего спроса на услуги каротажа в реальном времени. По мере того, как объектами бурения становятся пласти все меньшей мощности, возникает необходимость более точного расположения ствола для обеспечения максимальной продуктивности скважин. Кроме того, сложности проведения каротажа с применением кабеля на горизонтальных окончаниях скважин, нежелание местных операторов использовать методы каротажа на трубах и возможность осуществления геонавигации, так же приведет к росту использования MLWD систем.

**Phoenix Technology Services Russia:** Как я уже сказал, использование телеметрических систем MWD – обязательное условие при бурении горизонтальных скважин. Соответственно, при увеличении объема бурения таких скважин неизбежен аналогичный рост применения телеметрических систем MWD.



Сборка КНБК с Мультипольным акустическим датчиком ХВАТ  
Pick UP BHA on the rotary table (XBAT Azimuthal Ultrasonic Service)

Фото предоставлено компанией Halliburton  
Photo courtesy of Halliburton

resulted in a corresponding increase in demand for real-time logging. The targeting of thinner reservoirs drives the need for more precise wellbore placement to ensure maximum reservoir exposure. Additionally, the challenges of wireline logging in horizontal sections and the reluctance of local operators to use pipe-conveyed logging methods will increase the utilization of MWD.

**Phoenix Technology Services Russia:** As I already mentioned, using MWD systems is a necessary condition for drilling horizontal wells. Accordingly, as the number of such wells increases, the corresponding growth in MWD systems usage is inevitable.

**Weatherford:** Growth in the sector will likely be consistent over the coming years but the utilization of LWD services will increase at a greater rate than MWD as more extended reach production wells will be drilled along with an increase in the proportion of exploration wells in more remote locations. This will mean that more real time information while drilling is required due to the complexities and added cost of running wireline in these situations. This tied in with the potential growth of unconventional developments will increase the demand for more LWD systems in the region.

#### When should an operator look to deploy an MWD tool?

**Baker Hughes:** The principal objective of MWD systems is to drill a well path along with the planned trajectory to hit predetermined geological targets. In order to achieve this objective, operator shall select fit-for-purpose tools, based on equipment specifications, and then application within operational specifications and limitations.

**GE Oil&Gas:** An operator should consider the deploying of an MWD tool when the need to deviate away of vertical or when the deviation exceeds five degrees from vertical. Also, when the need to use gamma ray measurements to assist in the geological search for the formations being drilled is required. Certain areas have regulatory demands that operators provide gamma ray logs to the governing body.

**Halliburton:** MWD offers advantages in highly deviated wells where wireline logging is difficult and time-

**Weatherford:** В последнее время мы наблюдаем устойчивый рост в этом направлении, однако значительно чаще наши заказчики применяют услуги каротажа в процессе бурения LWD, а не проведение измерений MWD. Это обусловлено ростом количества пробуренных наклонно-направленных скважин относительно числа разведочных скважин в отдаленных регионах. А это, в свою очередь, означает, что все более востребованной становится информация, получаемая непосредственно в процессе бурения, из-за сложности доставки и дополнительных расходов на осуществление спуска каротажных приборов на кабеле. Кроме того, интерес к разработке месторождений с нетрадиционными ресурсами, несомненно, позитивно влияет на увеличение регионального спроса на каротажные системы LWD.

#### Когда оператору стоит воспользоваться телеметрическим MWD инструментом?

**Baker Hughes:** Основная задача телеметрических систем – проводка ствола скважины по заданной траектории и попадание в обусловленные геологические цели. Для выполнения данных задач требуется правильный выбор оборудования, исходя из его спецификаций, и строгое соблюдение условий эксплуатации.

consuming; or in high-cost environments (such as deep water), where the use of MWD/LWD can save considerable time and cost, relative to running wireline.

**Phoenix Technology Services Russia:** MWD systems are a must for drilling any deviated or horizontal wells. The type of MWD system to be used has to be selected at the stage of planning the drilling operations dependant on performance specifications and equipment limitations, geological section and the objectives at hand.

**Weatherford:** When the Wellplan necessitates deviation in a particular direction to target or avoid particular formations or stay within a lease boundary. It is also necessary to include MWD when there is a high risk of unintentional sidetracking in unconsolidated formations.

#### With a large range of MWD tools available, how does an operator ensure they are selecting the correct tool?

**Baker Hughes:** In most cases Key Performance Indicators and statistical data are recorded and analyzed during drilling operations, so the operators clearly understand distinguishing features, advantages and disadvantages of equipment provided by different service companies. Ultimately, apart from design and specifications of the MWD system itself, the operations efficiency of greatly depends on qualification of service



## Unsurpassed Horizontal & Directional Drilling



18 Locations

212 MWD Systems

800+ Personnel

1000+ Drilling Motors

**GE Oil&Gas:** Оператору следует рассмотреть использование телеметрического MWD инструмента при необходимости отхода от вертикали, либо при отклонении скважины от вертикали более чем на 5 градусов. Также телеметрические системы используются, когда для уточнения геологических параметров в процессе поиска продуктивных пластов необходимо использовать гамма-каротаж. В некоторых регионах, предоставления оператором гамма-каротажных диаграмм требуют регулирующие органы.

**Halliburton:** Системы MWD дают преимущества в скважинах с большими отходами, где каротаж на кабеле затруднен и отнимает много времени, а также при работе в дорогостоящих средах (таких как глубоководные скважины), где использование MWD/LWD позволяет экономить значительное время и средства по сравнению с операциями на кабеле.

#### **Phoenix Technology Services Russia:**

Телеметрические системы MWD обязательны при бурении любых наклонных и горизонтальных скважин. Тип телеметрической системы MWD необходимо выбирать уже на стадии планирования бурения, в зависимости от эксплуатационных характеристик и ограничений оборудования, геологического разреза и поставленных задач.

**Weatherford:** MWD будет востребован, если план строительства скважины требует отклонения в определенном направлении с целью достижения проектной глубины или для того, чтобы предотвратить проходку через специфические пласти/пропластки, а также в случае необходимости оставаться в границах лицензионного участка. Кроме того, MWD инструменты востребованы там, где высок риск бурения незапланированных боковых стволов в рыхлых пластах.

#### **При широком спектре доступных на рынке MWD систем, как оператору не ошибиться с выбором?**

**Baker Hughes:** В процессе работы, ведется сбор

company's field personnel and the level of service in repair and maintenance centers; thus I would recommend that selecting MWD system, the operators should also assess the qualification of the service company personnel, budget spend on personnel training and development, repair and maintenance bases capabilities, availability of Quality Control Systems in place and rigorous following policies and procedures.

**GE Oil&Gas:** When an operator is making the decision to purchase MWD tools a number of factors and operational requirements should be considered. The operator will need to understand the expected operating conditions where the equipment will be deployed and ensure equipment is specified to meet those requirements.



Фото предоставлено компанией Baker Hughes  
Photo courtesy of Baker Hughes

Critical parameters that impact the choice of MWD equipment include: Maximum temperature & pressure; Drilling fluid properties; Planned well trajectories & hole sizes; Drilling hazards such as loss circulation zones; H2S concentration and geological resistivity profile.

These questions will aide in making the correct decision between Mud Pulse MWD and Electromagnetic MWD telemetry and to determine whether a retrievable or fixed mount MWD system is best suited to the application. Compatibility with other BHA components such as Rotary Steerable Systems and capability to expand the MWD platform to provide additional LWD measurements should also be considered before selecting an MWD system.

**Halliburton:** Approximately one third of the hard-to-recover reserves are in the carbonate reservoirs. Sonic tools like Halliburton's new XBAT Azimuthal Sonic and Ultrasonic

и анализ статистических данных по ключевым параметрам эффективности, так что операторы имеют очень четкое представление об отличиях, преимуществах и недостатках оборудования различных сервисных компаний. В конечном итоге, кроме конструкции и спецификаций самой системы MWD, на эффективность работы в огромной степени влияет квалификация линейного персонала сервисной компании и уровень обслуживания оборудования в ремонтных и сервисных центрах – так что, я бы рекомендовал операторам при выборе телеметрической системы так же оценивать профессиональную подготовленность персонала, затраты на обучение и повышение квалификации сотрудников, оснащение ремонтной базы, наличие системы контроля качества обслуживания, строгое следование процедурам и политикам сервисной компании.

**GE Oil&Gas:** Принимая решение о покупке телеметрических MWD систем, оператору необходимо учитывать ряд факторов и эксплуатационных требований. Оператору необходимо понимать ожидаемые условия эксплуатации и выбирать оборудование, отвечающее соответствующим требованиям.

Критические параметры, которые имеют значение при выборе телеметрического оборудования: максимальная температура и давление; характеристики бурового раствора; планируемые траектории скважин и их размеры; возможные осложнения при бурении, такие как зоны поглощения промывочной жидкости; концентрация H2S и геологический профиль удельных сопротивлений. Рассмотрение этих факторов позволит выбрать правильный для конкретной области применения тип телеметрического оборудования – с гидроимпульсным или электромагнитным каналом связи, фиксированной установки или извлекаемого типа. При выборе телеметрической системы также следует рассмотреть ее совместимость с прочими компонентами КНБК, такими как Роторные Управляемые Системы и возможность компоновки забойной части телеметрической системы дополнительным КВБ оборудованием.

**Halliburton:** Примерно треть трудноизвлекаемых запасов относятся к карбонатным коллекторам. Рекомендуется использовать приборы акустического каротажа, такие как новая услуга ХВАТ по проведению азимутального акустического и ультразвукового каротажа и азимутальные датчики для фокусированного измерения сопротивления AFR.

Для сложных в геологическом отношении пластов с сильной латеральной и вертикальной изменчивостью

services and the AFR (Azimuthal Focused Resistivity Sensor) are recommended.

Formations with complex geology and high lateral and vertical variability can benefit from the use of near-bit gamma inclination (GABI™) sensors. It is critical that the engineer work closely with the customer to ensure the correct sensors are selected to deliver the most efficient and effective solution.

**Phoenix Technology Services Russia:** First of all, it should be a reliable system that allows the operator to meet the established objectives: precise measurements and reliable data transfer to surface. Such as, for example, Phoenix Technology Services' P-360 MWD system – simple and reliable, with a guaranteed run time of at least 350 hours.

At the same time, apart from downhole equipment properties, level and quality of services for directional drilling provided by one or another company, have to be assessed. The level and quality of service is largely determined by the company's approach to business organization and production on the whole. This includes personnel qualifications, quality equipment maintenance, resource base availability and many other things.

**Weatherford:** Open discussion with service providers about the project will enable those providers to select the optimum suite of tools. After this, a decision needs to be made on what quantity of information is required and whether the addition of more LWD is necessary and cost effective. What sensors do you need to stay in the formation you want and avoid those you do not? What sensors will give you the information you need to complete the well and meet/exceed the objectives? What is the potential gain from extra information? What is the potential risk if you do not take a pressure measurement in the overburden? These are all questions which must be asked and answered by the operator with the technical assistance offered by the service company.

**Some of the most demanding oilfields on earth are found in Russia – are there any limitations to deploying MWD and to the environments in which they are able to operate?**

**Baker Hughes:** Certainly there are limitations: any equipment has its specifications, operational application restrictions and specific requirements for drilling rig equipment. The drilling conditions for most Russian oil and gas fields are rather adequate for standard MWD equipment, however there are fields featuring high temperatures and high pressures, and aggressive environments: such conditions require application of special MWD equipment. Besides, in recent years we see increase in ERD (Extended Reach Drilling) wells

будет полезно использовать прибор для гамма-каротажа около долота и инклинометр (GABI™). Очень важно, чтобы сервисный инженер тесно работал с заказчиком для обеспечения правильного выбора сенсоров, что поможет принять самое действенное и эффективное решение.

**Phoenix Technology Services Russia:** Прежде всего, это должна быть проверенная система, обеспечивающая качественное решение поставленных задач: точные измерения и надежную передачу данных на поверхность. Например, как телесистема MWD "P-360" компании Phoenix Technology Services – простая и надежная, с гарантированным ресурсом не менее 350 часов. В тоже время, кроме характеристик забойного оборудования, необходимо учитывать уровень и качество сервиса по наклонно-направленному бурению предоставляемого той или иной компанией. Уровень и качество сервиса во многом определяется подходом компании к организации бизнеса и производства в целом. Это и квалификация персонала, и качественное обслуживание оборудования, и наличие ресурсной базы, и многое другое.

**Weatherford:** Прямо и открытое обсуждение проекта с сервисными компаниями позволит оператору подобрать наиболее оптимальный комплекс приборов. Затем необходимо решить, каким должен быть объем требуемой информации, следует ли воспользоваться дополнительными инструментами, и будет ли это рентабельно и эффективно. Какие датчики необходимы для того, чтобы оставаться в нужном пласте и избежать лишних метров проходки? Какие приборы понадобятся для получения необходимой информации для заканчивания скважины и достижения всех поставленных целей? Каким может быть результат в случае получения дополнительной информации? Каковы потенциальные риски в случае отсутствия замеров давления при репрессии на пласт? Вот те важнейшие вопросы, которые должны быть обязательно заданы и на которые необходимо получить ответы оператора при технической поддержке и сопровождении операций сервисной компанией.

### В России наибольшее количество самых сложных нефтяных месторождений на планете – существуют ли ограничения по условиям эксплуатации MWD систем?

**Baker Hughes:** Естественно, существуют. Любое оборудование имеет свои спецификации, ограничения по условиям применения и предъявляет определенные требования к

drilling activities: these applications are also setting higher requirements for MWD equipment used.

**GE Oil&Gas:** One area of concern is the high level of H2S that is common in Russia. With this high level of H2S tool components will require more frequent replacement in order to maintain the high MTBF. Other known environmental concerns pose no problem to the GE tool suite as long as routine maintenance is performed.

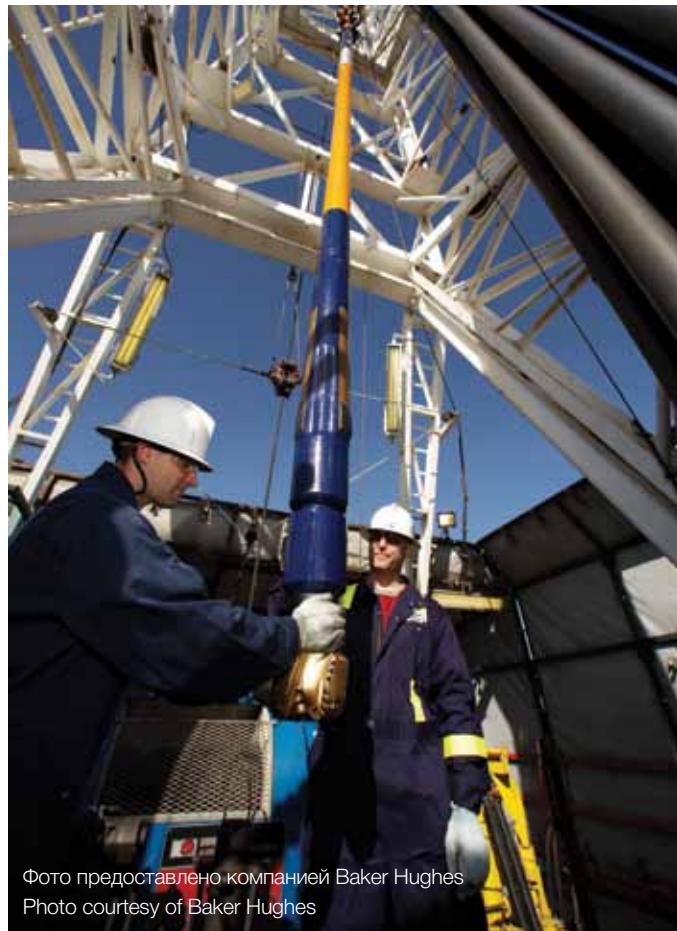


Фото предоставлено компанией Baker Hughes  
Photo courtesy of Baker Hughes

**Halliburton:** Harsh environments, such as high temperature downhole conditions can be challenging for some M/LWD tools. Halliburton is able to offer several MWD services that can operate in environments up to 175C such as gamma ray, EWR-Phase 4™ Resistivity, PWD and BAT™/ QBAT™ sonic tools. Additionally, Halliburton offers directional, gamma ray, PWD and DDSr™ sensors that can operate in environments up to 200C, opening up areas that were previously undrillable or had to be drilled "blind".

On the other end of the spectrum, in Russia, we also have to contend with low ambient temperatures that can impede tool initialization during BHA pick up on the rotary table.

Additionally, wells with high sand content, over 2%, can also create challenges for MWD systems.

оснащению буровой установки. Условия бурения на большей части месторождений в России вполне соответствуют стандартному оборудованию MWD, однако, есть и месторождения, отличающиеся высокими забойными температурами, повышенными давлениями, агрессивной коррозионной средой – данные условия требуют применения специального оборудования MWD. Кроме того, в последние годы растет число пробуренных скважин ERD (сверхглубоких), строительство которых, в свою очередь, предъявляет повышенные требования к оборудованию MWD.

**GE Oil&Gas:** Один из вызывающих озабоченность вопросов – часто встречающийся в России высокий уровень H2S. Из-за высокого содержания H2S, оборудование требует частой замены запчастей для поддержания высокого значения средней наработки на отказ. При проведении регулярного техобслуживания, другие известные факторы окружающей среды не представляют проблем для линейки инструментов GE.

**Halliburton:** Для некоторых MWD/LWD систем агрессивные скважинные условия (такие как высокие температуры) могут представлять сложность. Halliburton предлагает несколько систем MWD оснащенных для работы при температурах до 175°C, включая гамма-каротажные приборы, измерители сопротивления EWR-Phase 4™, акустические приборы прибор измерения давления и BAT™/QBAT™. Кроме того, Halliburton предлагает датчики для наклонного бурения, приборы гамма-каротажа, датчики PWD и DDSr™, которые могут работать при температурах до 200°C, позволяя бурить там, где раньше это было невозможно, или приходилось бурить “вслепую”.

С другой стороны, в России нам также приходится сталкиваться с низкими температурами окружающей среды, что может затруднять инициализацию прибора во время подъема КНБК над роторным столом.

Скважины с высоким (более 2%) содержанием песка также могут представлять сложности для MWD систем.

**Phoenix Technology Services Russia:** По большому счету нет ограничений связанных со сложностью месторождения. Разумеется, существуют лишь ограничения связанные с техническими возможностями оборудования. Необходимо подбирать телеметрическую систему MWD под тип геологического разреза и сложность решаемой задачи. Если где-то можно использовать телеметрическую систему MWD с электромагнитным каналом связи, то в других случаях единственным решением может быть только телеметрическая

**Phoenix Technology Services Russia:** Generally, there are no limitations related to the complexity of the field. Naturally, there are limitations related to the capabilities of the technical equipment. The MWD system has to be selected to match the type of geological section and the complexity of the task at hand. So in some cases, MWD systems with electromagnetic data transfer can be used, and in other cases mud pulse MWD system may be the only solution. When working with high BT temperatures or other aggressive environments, specialized downhole equipment has to be used.

**Weatherford:** Weatherford has successfully run equipment at temperatures >190°C in the North Sea and Thailand and GOM. Operations have been completed in several record TVD wells in the GOM operating at pressures >28,000 psi. Weatherford is considered by its clients to be the market leader for HPHT MLWD operations. Weatherford's Rotary Steerable Tool (RSS) provides a means to drill in demanding environments. The tool is purely battery powered and requires no mud flow to operate which makes it ideally suited to underbalanced drilling operations or when low flow rates are required due to an overbalanced mud system.

#### How does your MWD tool transmit the data to the surface and how do you ensure the quality of the data?

**Baker Hughes:** These days there are only four data transfer (telemetry) technologies utilized in the industry:

- » cable (outdated technology),
- » electromagnetic telemetry,
- » mud pulse data telemetry,
- » a relatively new “wired pipe” technology, where the data is transmitted through special drilling pipe, equipped with electronic connections and cabling.

Each of the listed above methods has its advantages and disadvantages, as well as applications areas. Actually, the Quality Assurance of obtained and transmitted data is a whole separate field. Briefly, the data quality begins with quality and precision of magnetometers and accelerometers installed in MWD systems, along with the quality of electronic boards and components, tools manufacturing and assembling quality, level of repair and maintenance, including sensors calibrations and verifications in special non-magnetic rooms, and installing required number of nonmagnetic drill pipes in BHA. Then, all necessary adjustments for wells geographic location and magnetic fields strengths are calculated and entered into the surface system's acquisition computer. In addition, during the drilling operations, the real time directional survey data is software processed for data quality verifications or rejection; the down hole tool also runs self-diagnostic tests and transmits it to surface at given time intervals.

система MWD с гидравлическим каналом. В случаях, например, с высокими забойными температурами или агрессивной средой необходимо выбирать забойное оборудование в специальном исполнении.

**Weatherford:** Компания Weatherford успешно использует собственное оборудование при температурах  $>190^{\circ}\text{C}$  при выполнении работ в Северном море, Таиланде и в Мексиканском заливе. Уже закончены работы в нескольких скважинах в Мексиканском заливе, характеризующихся рекордной вертикальной глубиной стволов. При этом наши приборы работали при давлении  $>28\,000$  фунт/кв. дюйм. По мнению заказчиков, компания Weatherford является мировым лидером по проведению операций каротажа и измерений в процессе бурения при высоком давлении и/или температурах.

Система роторного бурения РУС представляет собой инструмент бурения в сложных внутрискважинных условиях. Система работает на аккумуляторных батареях и для работы ей не требуется буровой раствор, поэтому она просто идеально подходит для бурения на депрессии или на репрессии, когда требуется низкий расход бурового раствора.

### Каким образом организуется передача данных между поверхностным и скважинным приборами и как обеспечивается качество данных?

**Baker Hughes:** Существует всего четыре способа передачи данных (телеметрия):

- » по кабелю (устаревшая технология),
- » по электро-магнитному каналу,
- » передача данных по столбу промывочной жидкости
- » относительно новая технология wired pipe, где передача данных осуществляется по специальным буровым трубам, оснащенным электронными соединениями и проводкой.

Каждый из перечисленных способов имеет свои преимущества и недостатки, а так же области применения. Обеспечение качества передаваемых данных – целая отдельная область. Вкратце, качество данных начинается с качества и точности установленных в системах MWD магнитометрах и акселерометрах, качества электронных плат и компонентов, качества сборки оборудования на заводе, уровня своевременного текущего обслуживания оборудования, включая калибровку и



Фото предоставлено компанией Weatherford  
photo courtesy of Weatherford

**GE Oil&Gas:** Data is transmitted from the tool to surface by mud pulse telemetry using a robust, lost circulation material tolerant bottom mounted pulser. Mud pulse telemetry remains the most common industry standard for transmission of data from downhole. GE continually review the options for improving data transmission methods and data rate, such as data compression and electromagnetic (EM) telemetry. GE also uses Electromagnetic Telemetry in our EM-MWD tool. From power and efficiency to reliability, every element of the Electro-Trac EM system is optimized to minimize non-productive time and improve noise immunity. The Electro-Trac EM-MWD tool uses patented

Data Fusion Technology for a revolutionary approach to underground wireless telemetry.

**Halliburton:** In Halliburton Sperry Drilling there are two types of data transmission from MWD tools to the surface: electromagnetic and mud pulse. The mud pulse method is the most popular as it is able to operate at greater depths and is not affected by the surrounding formation properties.

The quality of the data received from MWD tools is constantly analyzed in real time and the analysis of the read data is then analyzed by LQC Department. Tools are calibrated and verified before and after each job to help ensure that they are operating within specified limits, and the data they produce is checked thoroughly, both in real time and post-run, to ensure that it conforms to predetermined standards. The standards vary from tool to tool and are published in a log reference guide, which is available to field engineers, log analysts and customers.

**Phoenix Technology Services Russia:** Phoenix Technology Services offers MWD systems with mud pulse and electromagnetic data transfer. The Russian division uses mainly P-360 telemetric systems with positive pulse data transfer technology which we produce ourselves in Canada and which has a proven track record.

тарирование приборов в специальных "немагнитных" помещениях, установки необходимого количества димагнитных труб в компоновку низа буровой колонны. Далее, расчет всех необходимых поправок на географическое положение устья скважины и величины магнитного поля и введение поправочных данных в сопровождающий компьютер. И, в дополнение, непосредственно в процессе бурения, получаемые в реальном времени данные инклинометрии обрабатываются программным обеспечением для подтверждения качества или отбраковки, так же скважинный прибор передает в заданных промежутках времени диагностические данные по своему текущему состоянию и функционированию элементов.

**GE Oil&Gas:** Для передачи данных на поверхность используется установленный снизу пульсатор, устойчивый к материалам для борьбы с поглощением. Использование гидроимпульсного канала связи для телеметрических систем остается основным отраслевым стандартом для передачи скважинных данных. Компания GE постоянно рассматривает возможности улучшения методов и скорости передачи данных, таких как сжатие данных и электромагнитная телеметрия. GE также использует телеметрию с электромагнитным каналом связи в предлагаемом нами приборе EM-MWD. Все компоненты мощных, эффективных и надежных систем Electro-Trac EM оптимизированы для минимизации простоеов и повышенной помехоустойчивости. Телеметрический инструмент Electro-Trac EM использует патентованную технологию Data Fusion, обеспечивающую революционный подход к подземной беспроводной телеметрии.

**Halliburton:** Halliburton Sperry Drilling использует два метода передачи данных с прибора MWD на устье: электромагнитный и гидроимпульсный. Последний пользуется большей популярностью, поскольку он может использоваться на большей глубине и не подвержен влиянию пластовых условий.

Качество данных, получаемых с MWD приборов постоянно анализируется в реальном времени, а анализ считываемых данных впоследствии контролируется отделом LQC. Приборы калибруются и проверяются до и после каждого рейса, чтобы обеспечить их работу в заданных пределах, а производимые этими приборами данные тщательно проверяются, как в реальном времени, так и после рейсов, чтобы обеспечить их соответствие заданным стандартам. Значения конкретных стандартов зависят от конкретных приборов и публикуются в справочных руководствах, которыми могут воспользоваться

The principle of the operation is simple. Electromagnetic MWD system use electric current and conductive properties of rock. MWD systems with mud pulse data transfer use drilling mud to transfer data to surface: the pulser generates a momentary limitation in drilling mud feed thus creating a series of pulsing pressure sequences on the surface. These pulses are registered with surface meters and are converted into useful signals. The data from MWD system (every measurement made) goes through an automated check, which is additionally controlled and re-checked by a MWD engineer. The measurements from gravimeters and magnetic meters of the MWD system are then compared against actual available local Earth's gravity and magnetic field data.

**Weatherford:** There are 3 methods of data transmission. EM Telemetry, Positive Pulse and Intelligent wired drill pipe. EM transmission is particularly useful in underbalanced drilling applications where positive pulse telemetry is compromised due to the compressibility of the mud system. Positive pulse telemetry provides a high speed cost effective system of transferring data from downhole to surface with speeds up to 11 bits/sec. Weatherford LWD is also compatible with NOV's Intellipipe services via the WIS sub and can provide extreme data rates that enable large amounts of data to be transmitted to surface. This enables the end user to view memory quality Density, Caliper, PE, Gamma, Resistivity, Microresistivity and Semblance images all in real time. This is in addition to all other drilling curves such as vibration, pressures, temperatures and instant surveys at the touch of a button.

**If or when Russia starts to develop its unconventional plays, how would MWD aid in the in developing these challenging fields?**

**Baker Hughes:** The traditional technology for development of uncongenial reserves is drilling horizontal wells with subsequent hydrofracturing. So MWD technology, in combination with LWD tools, will serve as the key element in unconventional fields' development.

**GE Oil&Gas:** The Electro-Trac EM-MWD tool would greatly assist in developing the unconventional plays in the region. With no moving parts and a high tolerance to LCM equipment reliability is significantly increased, Operational efficiency can be improved by transmitting off-line surveys in less than 30 seconds and finally the operating range is extended due to the ability to detect less than 1  $\mu$ V signals at great depth. The Electro-Trac tool can be used in variety of hole sizes ranging from 4" to 9 1/2".

**Halliburton:** The main challenge in unconventional shale reservoirs is to determine the organic carbon content and mechanical properties of the rock. Rocks with high organic carbon content are likely to contain producible

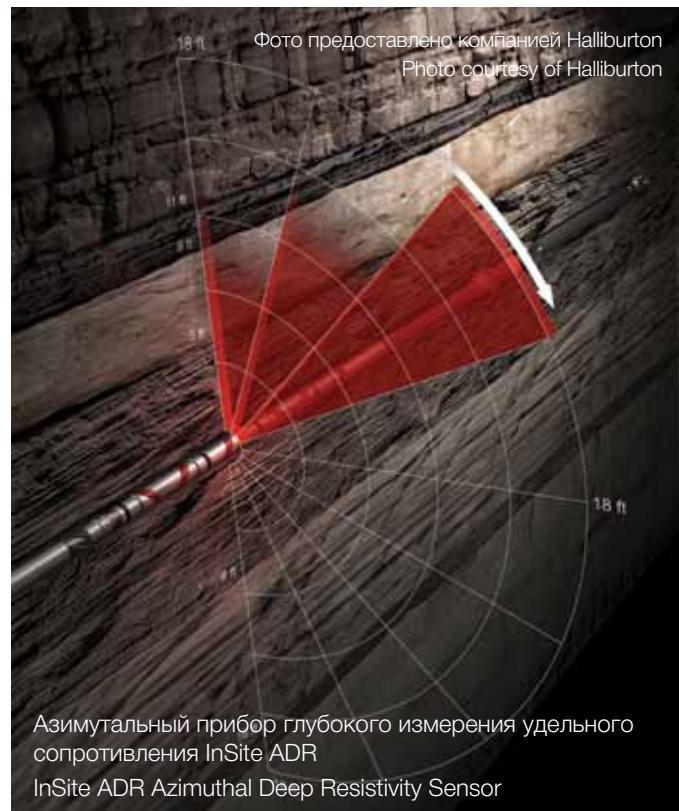
полевые инженеры, аналитики каротажных данных и заказчики.

**Phoenix Technology Services Russia:** Компания Phoenix Technology Services обладает телеметрическими системами MWD с гидравлическим и электромагнитным каналами связи. Российское подразделение в основном использует отлично зарекомендовавшие себя телеметрические системы MWD "P-360" с гидравлическим каналом (positive pulse), которые мы производим сами в Канаде. Принцип работы прост. Телеметрические системы с электромагнитным каналом связи используют электрический ток и проводящие свойства породы. Телеметрические системы с гидравлическим каналом связи используют буровой раствор для передачи данных на поверхность, при этом на пульсаторе создается моментальное ограничение подачи бурового раствора, создавая серию пульсаций-скаков давления на поверхности. Эти пульсации улавливаются поверхностной системой датчиков и преобразовываются в полезный сигнал. Данные получаемые с телеметрической системы (каждый полученный замер) проходят автоматическую проверку, которую дополнительно контролирует и перепроверяет инженер по телеметрии. Измерения полученные с гравитометров и магнитометров телеметрической системы сравниваются с фактическими имеющимися локальными данными гравитационного и магнитного поля Земли.

**Weatherford:** Существует три способа передачи данных: телеметрия с электромагнитным каналом, гидравлический канал с позитивными импульсами и буровые трубы со встроенным интеллектуальным кабелем. Передача данных при помощи электромагнитного канала особенно востребована при бурении на депрессии, а позитивные импульсы –

наиболее компромиссный вариант за счет сжимаемости системы циркуляции бурового раствора.

Телеметрия на позитивных импульсах представляет собой высокоскоростную и экономически эффективную систему передачи данных с забоя на поверхность на скорости до 11 бит/с. Приборы каротажа LWD компании Weatherford могут быть совместимы с интеллектуальными трубами компании NOV через канал WIS и гарантировать беспрепятственный поток данных, что позволяет передавать на поверхность большой объем информации. Все это способствует тому, что конечный пользователь получает сохраненные в памяти прибора и высококачественные имиджи плотностного каротажа, кавернometрии, профилеметрии, гамма-каротажа, каротажа



reserves, while rocks which are brittle will fracture more readily during the completion phase of the well. Typically, the carbon-rich zones can be identified using gamma ray or spectral gamma ray tools, and sometimes resistivity measurements. Rock mechanical properties can be determined primarily using sonic measurements. All of these measurements are available on an M/LWD platform, allowing the well to be geosteered based on both the content and mechanical properties of the surrounding rock.

**Phoenix Technology Services Russia:** Without any doubt, when Russia begins developing unconventional hydrocarbon reserves such as shale gas/oil, MWD systems will be an integral part of this process. The technology of developing such reservoirs itself envisages extensive horizontal drilling, which is physically impossible without MWD systems. By the way, today Phoenix Technology Services is taking an active part in such extensive drilling on shale oil and gas developments in North America.

**Weatherford:** Weatherford Drilling Services is ideally placed to provide the optimum technical solutions for shale gas/shale oil drilling. The use of the LWD Spectral Azimuthal Gamma Ray (SpectralWave™) tool provides realtime 16 bin images along with Total Gamma, K, Ur and Th curves. The Uranium response can be directly associated with TOC in shales and enables geosteering in the sweet spot of these reservoirs. The addition of the CrossWave™ sonic tool provides 16 bin sonic images with ratio of shear anisotropy.

сопротивлений и микрокаротажа, а также когерентности в режиме реального времени. И все это в качестве важного дополнения к прочим буровым данным по вибрации, давлениям, температурам, а также мгновенным исследованиям получают просто нажатием кнопки.

### Если Россия начнет разработку нетрадиционных месторождений, как системы MWD помогут в развитии таких месторождений?

**Baker Hughes:** Лично я предпоючию термин "трудноизвлекаемые запасы". Традиционная технология разработки трудноизвлекаемых запасов – строительство горизонтальных скважин с последующим гидроразрывом. Естественно, системы MWD в сочетании с системами каротажа в процессе бурения LWD будут одним из ключевых элементов разработки таких месторождений.

**GE Oil&Gas:** Телеметрический инструмент Electro-Trac EM может оказаться очень полезным в разработке нетрадиционных месторождений региона. Благодаря отсутствию движущихся деталей и высокой устойчивости к экранирующему наполнителю, надежность оборудования значительно выше. Эксплуатационная эффективность может быть улучшена за счет передачи автономных измерений менее чем за 30 секунд, а диапазон эксплуатации расширен за счет возможности измерения сигналов слабее чем 1  $\mu$ V на большой глубине. Инструмент Electro-Trac может быть использован в скважинах различного размера, от 4 до 9 1/2 дюймов.

**Halliburton:** Основная сложность при работе с нетрадиционными сланцевыми коллекторами – определение содержание органического углерода и механических свойств пород. Породы с высоким содержанием ОУ с большей вероятностью окажутся продуктивными, в то время как хрупкие породы с большей легкостью поддаются разрыву на этапе заканчивания. Обычно богатые углеродом зоны определяются по результатам приборов гамма-каротажа или приборов спектрального гамма-каротажа, и иногда – по результатам измерений сопротивления. Все эти измерения доступны на платформах M\LWD, что позволяет осуществлять геонавигацию ствола скважины как на основе фильтрационно-емкостных, так и механических свойств окружающих пород.

**Phoenix Technology Services Russia:** Вне всякого сомнения, когда в России начнется разработка нетрадиционных залежей углеводородов, таких как сланцевый газ/нефть, телеметрические системы

What specific benefits can your tool offer the client over other MWD tools in the market? What regional success stories can you tell us about?

**Baker Hughes:** This question certainly opens vast opportunities for advertisement and marketing of Baker Hughes equipment and services, which doesn't really suit the format of this article and also wouldn't be quite ethical from my point of view, so I'll try not to take the advantage of this opportunity and won't refer to tools trademarks, well numbers, fields' names and customers.

I hope that Baker Hughes' rapid MWD and LWD business growth in the Region, that outruns the annular market rate growth, speaks for itself. I should emphasize that the company's R&D centers and manufacturing facilities are located in Europe and USA what ensures equipment manufacturing in accordance with the highest industry standards. The Region repair and maintenance centers are equipped with state-of-the art equipment; all technical, field and engineering personnel are subject to mandatory and individual training programs, to qualifications assessments and advanced training in both Russia and abroad. The compliance all technical, technological and business processes with company's



Фото предоставлено компанией Baker Hughes  
Photo courtesy of Baker Hughes

MWD будут неотъемлемой частью этого процесса. Сама технология разработки подобных залежей подразумевает массовое бурение горизонтальных скважин, что физически не возможно без применения телеметрических систем MWD. К слову сказать, сегодня Phoenix Technology Services является активнейшим участником такого массового бурения при разработке сланцевого газа и нефти в Северной Америке.

**Weatherford:** Локации подразделения по наклонно-направленному бурению компании Weatherford очень удачно расположены географически, поэтому мы можем предоставить операторам оптимальные технологические разработки для бурения и последующей добычи нефти и газа.

При использовании спектрального азимутального гамма-датчика SpectralWave™ можно получить в режиме реального времени имидж ствола скважины по 16 секторам вместе с кривыми данных по калию, урану и торию (K, U и Th). Результаты по урану можно напрямую увязать с общим содержанием органического углерода (TOC) в породе, что облегчит процесс осуществления геонавигации в таких пластах. Датчик CrossWave™ также позволяет получить не только имидж по 16 секторам, но и показатели анизотропии поперечных волн.

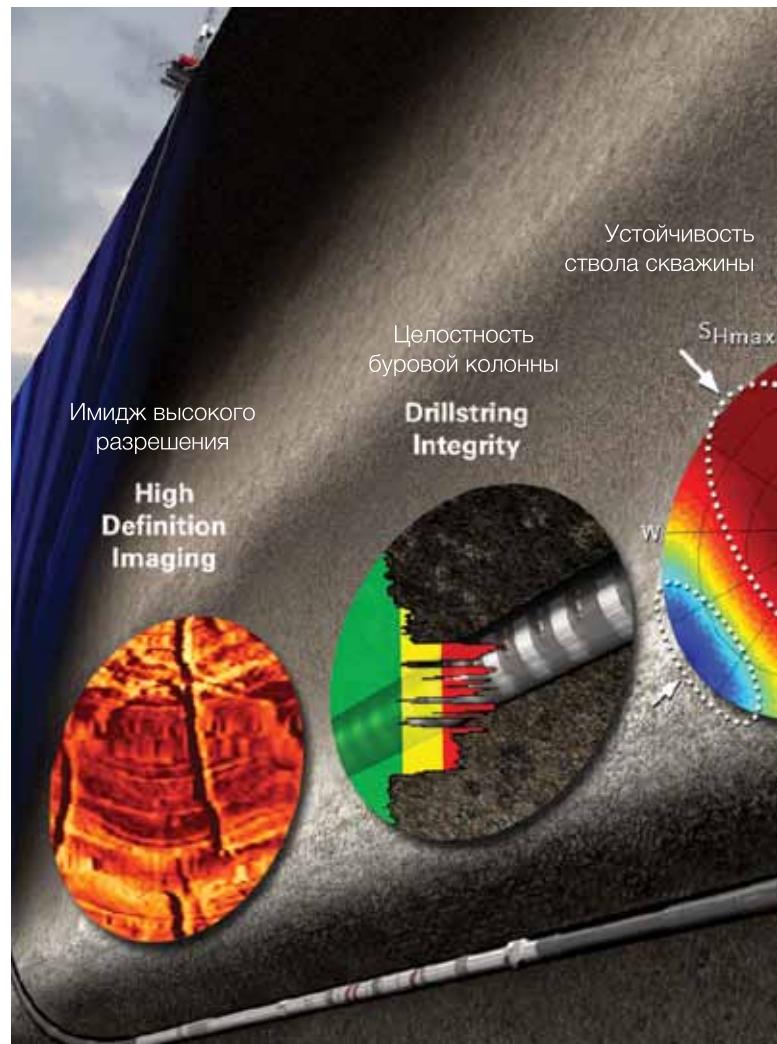
**Какими конкретными преимуществами для заказчика обладают ваши системы по сравнению с другими MWD системами на рынке? Расскажите нам о примерах успешного использования систем в регионе?**

**Baker Hughes:** Данный вопрос открывает огромные возможности для открытой рекламы и маркетинга оборудования и услуг Baker Hughes, что не совсем соответствует формату данной статьи, более того, не совсем этично, с моей точки зрения. Поэтому я постараюсь не использовать данную возможность и не упоминать торговые марки оборудования, скважины, месторождения и заказчиков.

Надеюсь, что рост бизнеса компании Baker Hughes в сегменте телеметрии и каротажа в процессе бурения в регионе, опережающий темпы роста рынка, говорит сам за себя. Следует отметить, что научно-исследовательские центры и сборочные предприятия компании находятся в Европе и США, обеспечивая качество сборки в соответствии с самыми высокими стандартами. Сервисные центры в регионе оснащены наиболее современным оборудованием, технический, полевой и инженерный персонал проходит обязательное индивидуальное обучение,

procedures and policies are ensured by implementation of Global BHOS system (Baker Hughes Operating System). The company's reputation of one of industry leaders have allowed us to participate in drilling of some of the most difficult wells in the region, including multilaterals, Extended Reach ultra-deep wells, placing horizontal wells path within a meter corridor, HT/HP wells.

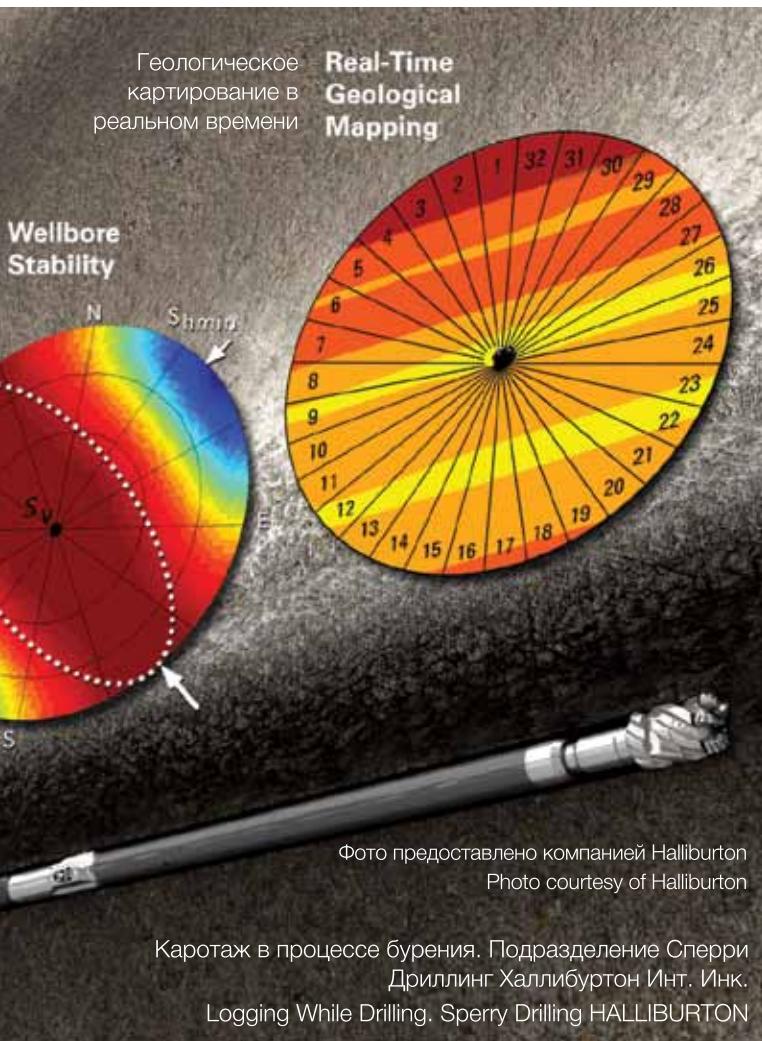
**GE Oil&Gas:** GE has supported the Russian market with Geolink MWD product line for many years and following the recent obsolescence of that product line GE has



recently entered into a number of contracts to introduce the retrievable Tensor Centerfire resistivity LWD platform into the Russian Market.

We believe the GE Tensor MWD system will continue to grow in utilization in Russia as the Tensor MWD system is the preferred MWD system for many operators developing the unconventional resources in N America and as unconventional plays expand in Russia so will the need for a cost effective, easy to maintain reliable MWD platform such as Tensor MWD.

аттестации и курсы повышения квалификации как на территории России, так и зарубежом. Соответствие всех технических, технологических и бизнес процессов процедурам и политикам компании обеспечивается внедрением и использованием глобальной системы BHOS (Baker Hughes Operating System). Репутация компании, как одного из лидеров отрасли, позволила нам участвовать в строительстве наиболее сложных скважин на территории региона – многоствольных, рекордных сверхглубоких, скважин с горизонтальными окончаниями,



проводкой горизонтальных участков в коридоре около одного метра, бурение высокотемпературных скважин и скважин с повышенными давлениями.

**GE Oil&Gas:** Компания GE много лет осуществляла поддержку телеметрических инструментов Geolink, а после прекращения выпуска этой продуктовой линейки, недавно GE заключила несколько договоров на поставку на российский рынок извлекаемых систем КВБ Tensor Centerfire. Мы думаем, что использование телеметрической

The success of the Electro-Trac EM-MWD tool in N America, where the expanded operating range to greater than 4000m TVD has enabled operators to improve drilling efficiency by reducing NPT and survey time will also bring benefits of EM-MWD technology to deeper developments in Russia.

**Halliburton:** Halliburton is experienced in providing measurements in challenging high-pressure and high temperature environments, and can deliver directional and formation evaluation in wells too hot for our competitors to run in. Our MWD and LWD services support our drilling optimization (ADT) team in ensuring well control and accurate well placement, and our reservoir solutions (Geosteering) team in helping customers understand and realize maximum value from their reservoirs.

Recently, while drilling in the challenging environments of the Vikulovskaya suite in Nyagan project, where the thickness of the target reservoir is from 1 to 2 meters and is complicated by low-amplitude faults (from 2 to 3 meters by TVD), the Halliburton real-time logging set with state-of-the-art azimuthal induction and lithodensity logging tools allowed us to achieve 85% of the efficient hole length in 1000m horizontal.

**Phoenix Technology Services Russia:** Highly reliable and precise Phoenix Technology Services MWD systems ensure quality drilling for any complex section wells, which enables us to offer our customers world class services for telemetric and engineering support of the drilling operations. As for the success stories, our operational track record speaks for itself. Initially a Canadian company, we drilled our first well in Russia in December 2011 and since then the amount of wells drilled with our participation in Russia exceeds three hundred. In this relatively short time, less than two years, the Russian division of Phoenix Technology Services has earned recognition and trust among its customers. Unlike of many companies, we specialize only in telemetric and engineering support of deviated drilling operations. Being an obvious leader for deviated drilling in Canada, Phoenix Technology Services in Russia also earned a reputation as a reliable partner who provides high quality service able to compete successfully with the world's leading oilfield service companies.

**Weatherford:** All Weatherford LWD tools are built to a minimum specification of 150°C and 30,000 psi. The engineering of the electronics for HPHT applications provides exponential increases in reliability at the lower temperatures. The HEL suite of tools are all battery powered and do not need flow in order to operate enabling pumps off measurements to be made such as annular pressure for static mud density. Weatherford's unique MotarySteerable™ system offers an economic alternative to rotary steerable systems that are currently available for rotary well-trajectory work. It provides full 3D directional control while rotating thus reducing drilling time and mitigating lost in hole risk in troublesome formations.

системы GE Tensor в России будет расти, поскольку такая система остается предпочтительной для многих операторов, разрабатывающих нетрадиционные запасы в Северной Америке, и, по мере роста разработки нетрадиционных месторождений в России, будет расти спрос на экономически эффективные, легкие в обслуживании надежные телеметрические инструменты, такие как телеметрические системы Tensor.

Успех системы Electro-Trac EM в Северной Америке, где увеличенный до конечной глубины свыше 4000м рабочий диапазон позволил операторам улучшить эффективность бурения, сократить простой и время измерений, гарантирует преимущества использования технологии электромагнитной телеметрии на глубоких месторождениях России.

**Halliburton:** Halliburton располагает опытом сопровождения горизонтальных скважин в сложных геологических условиях, проводя оценку коллекторских свойств в скважинах при высоких показаниях давления и температур. Наши услуги по MWD и LWD совместно с командами Оптимизации бурения (ADT) и Геонавигации (Geosteering), помогают нашим заказчикам в изучении и максимально эффективном использовании коллектора.

При разбуривании трудноизвлекаемых запасов Викуловской свиты на Няганском проекте, где мощность целевого пласта-коллектора составляет от 1 до 2 метров и осложнена малоамплитудными разломами (от 2 до 3 метров по вертикали) благодаря применению отделом Геонавигации компании Халлибуртон Инт. Инк. широкого комплекса ГИС в режиме реального времени с использованием передовых приборов азимутального индукционного и литоплотностного каротажа, позволило достичь более 85% коллектора с хорошими ФЕС на горизонтальном участке 1000 м.

**Phoenix Technology Services Russia:** Высоконадежные и точные телесистемы Phoenix Technology Services обеспечивают высококлассную проводку профилей скважин любой сложности, что позволяет нам предоставлять заказчикам сервис по телеметрическому и инженерному сопровождению бурения лучшего мирового уровня. Если же говорить о «историях успеха», то я считаю, что в данном случае лучше всего о Phoenix Technology Services говорят результаты работы. Являясь изначально канадской компанией, первую скважину в России Phoenix Technology Services пробурила в декабре 2011 года, и с тех пор счет пробуренных с нашим участием скважин на российской земле перевалил за три сотни. За этот достаточно короткий промежуток времени, менее чем за два года, российское подразделение компании Phoenix Technology Services сумело заработать признание и доверие среди заказчиков. В отличие от многих компаний, мы специализируемся только на телеметрическом и инженерном сопровождении наклонно-направленного бурения. Являясь безусловным лидером по ННБ в Канаде и одним из лидеров в США, Phoenix Technology Services в России также приобрела репутацию надежного партнера, предоставляющего высококлассный сервис, который способен успешно конкурировать с ведущими мировыми нефтесервисными компаниями.

Services пробурила в декабре 2011 года, и с тех пор счет пробуренных с нашим участием скважин на российской земле перевалил за три сотни. За этот достаточно короткий промежуток времени, менее чем за два года, российское подразделение компании Phoenix Technology Services сумело заработать признание и доверие среди заказчиков. В отличие от многих компаний, мы специализируемся только на телеметрическом и инженерном сопровождении наклонно-направленного бурения. Являясь безусловным лидером по ННБ в Канаде и одним из лидеров в США, Phoenix Technology Services в России также приобрела репутацию надежного партнера, предоставляющего высококлассный сервис, который способен успешно конкурировать с ведущими мировыми нефтесервисными компаниями.

**Weatherford:** Высоконадежные и точные телесистемы Phoenix Technology Services обеспечивают высококлассную проводку профилей скважин любой сложности, что позволяет нам предоставлять заказчикам сервис по телеметрическому и инженерному сопровождению бурения лучшего мирового уровня. Если же говорить о «историях успеха», то я считаю, что в данном случае лучше всего о Phoenix Technology Services говорят результаты работы. Являясь изначально канадской компанией, первую скважину в России Phoenix Technology Services пробурила в декабре 2011 года, и с тех пор счет пробуренных с нашим участием скважин на российской земле перевалил за три сотни. За этот достаточно короткий промежуток времени, менее чем за два года, российское подразделение компании Phoenix Technology Services сумело заработать признание и доверие среди заказчиков. В отличие от многих компаний, мы специализируемся только на телеметрическом и инженерном сопровождении наклонно-направленного бурения. Являясь безусловным лидером по ННБ в Канаде и одним из лидеров в США, Phoenix Technology Services в России также приобрела репутацию надежного партнера, предоставляющего высококлассный сервис, который способен успешно конкурировать с ведущими мировыми нефтесервисными компаниями.



**Виталий Чубриков - Vitaly Chubrikov**  
Baker Hughes

Виталий Чубриков закончил Губкинский университет нефти и газа в Москве в 1995 году и был принят на работу в компанию «Baker Hughes» вскоре после этого в качестве промыслового инженера. На протяжении этих лет он занимал различные должности на промыслах и в административных структурах, как в отечественных, так и в международных проектах.

Vitaly Chubrikov graduated from Gubkinsky Oil & Gas University in Moscow in 1995 and joined Baker Hughes soon after, as a field engineer. Over the years he has held various field and office positions in both domestic and international assignments.



**Николай Куценко - Nikolay Kutsenko**  
GE Oil&Gas

Николай Куценко, Региональный Менеджер подразделения Downhole Technology компании GE Oil&Gas Николай Куценко пришел в GE Oil&Gas два года назад и возглавил подразделение Downhole Technology. До прихода в GE Oil&Gas он занимал должность Регионального Менеджера компании Seismic Micro-Technology по России и странам СНГ. Он организовал открытие Московского офиса компании, включающего как службу продаж, так и отделение технической поддержки по региону. До прихода в SMT, г-н Куценко работал старшим менеджером по работе с клиентами в компании Halliburton/ Landmark. Г-н Куценко окончил МГУ им. М.В. Ломоносова и имеет степень кандидата математических наук. Он также является соавтором трех запатентованных решений в области геофизики.

Nikolay Kutsenko joined GE Oil&Gas two years ago as a Region Manager for Downhole Technology business. Before he joined GE he was Country Manager of Seismic Micro-Technology of Russia and the CIS region. He opened the Moscow office to cover both sales and technical support operations for the region. Prior to SMT, Mr. Kutsenko worked for Halliburton/Landmark as a senior account manager. Mr. Kutsenko graduated from Moscow State University and has a PhD in mathematics. He is also one of the co-authors of three geophysical patents.



**Роман Доронин - Roman Doronin**  
Halliburton

Роман Доронин окончил Российский Государственный Университет Нефти и Газа им. Губкина в Москве, по специализации "инженер-нефтяник", после чего продолжил свое образование в том же университете, недавно защитив степень кандидата геолого-минералогических наук. Свою профессиональную карьеру Роман начал в 2007 году как инженер-каротажник, после чего он работал инженером по сейсморазведочным работам. Затем, в 2010 году, Роман перешел на работу с MWD и LWD в Halliburton Sperry, где вскоре стал ведущим инженером по MWD/LWD. После дополнительного обучения в области петрофизики, он был переведен специалистом по геонавигации в подразделение Formation Reservoir Solutions, где занимался работой по различным российским проектам, включая такие, как Lukoil Usinsk и TNK Nягань.

Roman Doronin graduated from Gubkin's Russian State Petroleum University in Moscow as a Petroleum Engineer and lately continued his studies at the same University where he recently acquired a PhD in Geological Science. Roman's professional career started in 2007 as a Production Logging Engineer and from there he progressed to Seismic Engineer. He then moved into the field of M/LWD with Halliburton Sperry in 2010 where he quickly progressed to being a senior M/LWD engineer. After further petrophysical training, he was transferred to the Formation Reservoir Solutions group as a Geosteering Specialist working on various projects within Russia including Lukoil Usinsk and TNK Nягань.



**Станислав Тер-Сааков - Stanislav Ter-Saakov**  
Halliburton

Станислав Тер-Сааков работает в отделе Геонавигации Halliburton в России с 2011 года. Ранее он был инженером-каротажником и работал с приборами плотностного, нейтронного и каротажа сопротивлений. Станислав пришел в Halliburton в 2008 году, окончив Тюменский Государственный Нефтегазовый Университет.

Stanislav has been part of the Halliburton Geosteering team in Russia since 2011. Previously, he worked as a logging engineer working with density, neutron and resistivity tools. Stanislav joined Halliburton in 2008 after graduating from The Tyumen State Oil & Gas University.



**Очир Джамбинон - Ochir Dzhambinov**  
Phoenix Technology Services Russia

Очир Владимирович Джамбинон - директор по развитию бизнеса компании Phoenix Technology Services Россия. Он с отличием окончил геологический ф-т МГУ им. М.В.Ломоносова, по специальности геолог-нефтяник в 2002 г. В 2005 г., после работы в ОАО «ЮКОС» старшим специалистом Центра Анализа и Прогнозирования в Москве он пришел полевым инженером подразделения бурения и измерений в компанию Schlumberger, где он работал на проектах в Западной Сибири и в Катаре. В 2008 он стал стипендиатом Chevening, высоко конкурентоспособной и престижной премии Российского отделения Британского Совета Министерства иностранных дел и дел содружества СК, с полной оплатой обучения и проживания в Соединенном Королевстве. В 2009 г. господин Джамбинон получил степень MA в управлении от бизнес-школы университета Дархам, СК. В 2009-2013 гг Очир Владимирович работал менеджером по продажам и развитию бизнеса подразделения бурения и измерений компании Schlumberger в России, после чего занял свою нынешнюю должность в компании Phoenix Technology Services, Россия.

Ochir Dzhambinov is Business Development Director for Phoenix Technology Services Russia. He graduated from the geology faculty of Lomonosov MSU in 2002, with honors, as an oil geologist. After working for YUKOS as a leading specialist in the Center of Analysis and Forecasting in Moscow, he moved to Schlumberger as a Drilling & Measurements field engineer in 2005. His role was based in both Western Siberia and Qatar. In 2008 he won the Chevening Scholarship, a highly competitive and prestigious scholarship awarded by the Russian Branch of the Foreign Commonwealth Office of the UK, which meant that 100% of his tuition and living fee in UK would be paid. In 2009 he duly achieved an MA in Management from the Durham Business School, University of Durham, UK. From 2009-2013 Ochir was Sales and Business Development manager, Drilling & Measurements, Schlumberger, Russia, before taking up his current position with Phoenix Technology Services in Russia.



**Рик Бартон - Rick Barton**  
Weatherford Россия

Рик Бартон работает в департаменте Наклонно-направленное бурение компании Weatherford региональным менеджером по проведению каротажа/измерений в процессе бурения (LWD/MWD). Он осуществляет операционный контроль при выполнении каротажа в процессе бурения и проведения измерений, а также отвечает за техническое развитие этого сегмента в России. Ранее Рик работал руководителем отдела технических продаж, а до этого был координатором каротажных работ при бурении, выполняемых в Великобритании и по всей Европе.

Rick Barton is currently working for Weatherford Drilling Services as the MLWD Manager for Russia. Rick's present role involves operational support for the MLWD service line and technical business development. Rick was previously a Technical Sales Manager in the UK and prior to that an LWD Coordinator covering UK and European Operations.