

# Реактивно-акустическая технология для бурения скважины и первичного вскрытия продуктивного горизонта

## Reactive Acoustic Technology: Hitting the Payzone

В.Н.Маньрин, Р.Ш. Муфазалов  
(РОСИНГ г.Москва, НПФ «Тимурнефтегаз» г.Октябрьский)

V. N. Manyrin, R. Sh. Mufazalov  
(Russian Society of Oil and Gas Engineers, Moscow,  
Timurneftgaz Research and Production Company, Oktyabrskiy)

**П**роблемой номер один для всех нефтедобывающих регионов мира является сохранение потенциальной продуктивности пласта в процессе его вскрытия бурением. Особенно актуальна данная проблема для старых месторождений, месторождений с низкими пластовыми давлениями, а также месторождений, содержащих высоковязкую нефть. Поэтому самым ответственным этапом строительства скважины считается качественное и чистое вскрытие продуктивного (нефтяного) горизонта, т.к. от чистоты и качества вскрытия полностью зависит уровень начального дебита, длительность эффективной эксплуатации скважины и коэффициент нефтеизвлечения в период разработки месторождения.

Учитывая особую ответственность этапа вскрытия продуктивного пласта при строительстве или капитальном ремонте скважины, во многих зарубежных нефтедобывающих компаниях подобные работы выполняют специализированные бригады.

### Причины возникновения проблемы

Существующие и широко применяемые в настоящее время способы вскрытия и заканчивания скважины далеко не совершенны как с технической, так и технологической точек зрения. В большинстве случаев они не обеспечивают оптимального коэффициента продуктивности пласта и нефтеизвлечения, особенно в условиях низкопродуктивных коллекторов и месторождений, находящихся на поздней стадии эксплуатации.

В процессе первичного вскрытия продуктивного пласта твердая мелкодисперсная фаза буровой жидкости и выбуренной породы, глинистые глобулы, кристаллы утяжелителей, полимеры проникают одновременно с фильтратом в поры и трещины коллектора. Глубина проникновения фильтрата в несколько раз превышает глубину перфорационных каналов, что

**П**roblem number one for all oil producing regions is preserving the potential productivity of a bed during the drilling process. This problem is especially topical for mature fields, fields with low formation pressures, and fields containing highly viscous oil. Therefore, the most critical stage in well construction is good, clean penetration of the producing (oil-bearing) horizon, since the initial flow rate, the duration of effective well operation, and the oil recovery factor during field development are completely dependent on the cleanness and quality of the penetration.

Due to the special importance of the drilling-in phase during well construction or workover, these operations are performed by specialized teams in many foreign oil companies.

### Causes

The current and widely used methods for drilling-in and completion are far from perfect from both the technical and technological viewpoints. In the majority of cases, they do not provide the best productivity index and oil recovery factor, especially in poorly productive reservoirs and fields in the late stages of production.

During initial drilling, the solid, fine phase of the drilling mud, cuttings, mud globules, and crystals of weighting agents and polymers penetrate the pores and cracks in the reservoir simultaneously with the filtrate. The penetration depth of the filtrate is several times greater than the depth of the perforations, and this is the primary cause of degradation of oil inflow into a well. This is generally the result of a mismatch of the physicochemical properties and rheological parameters of the drilling mud, as well as imperfections in the hydraulics program and the drilling-in conditions.

In its natural state, a reservoir is under uniform compression by rock, hydrostatic, and geostatic pressures. The natural pressure conditions are disrupted during drilling-in, with deformations and the onset of shear stresses. These stresses sometimes exceed the rupture strength of the

и является главным фактором ухудшения притока нефти в скважину. В общем случае - это результат несоответствия физико-химического состава и реологических параметров буровой жидкости, а также несовершенства гидравлической программы и режима вскрытия пласта бурением.

В естественном состоянии коллектор находится под всесторонним сжатием горно-, гидро- и геостатического давлений. В процессе вскрытия пласта бурением нарушается естественное напряженное состояние с деформационными изменениями и появлением сдвиговых напряжений. Иногда такие напряжения превышают предела прочности породы, особенно при анизотропии пород с различными значениями модуля упругости, предел прочности и коэффициента объемного расширения. Анизотропность приводит к асимметричным деформационным напряжениям, преимущественно в околоскважинном пространстве, в зонах концентрации напряжения – трещинах и кавернах. Появляется деформационная анизотропность пористости и проницаемости. Это следующая причина снижения притока нефти в скважину.

Проблема усугубляется тем, что проникновение твердодисперсионной фазы с фильтратом буровой жидкости и деформационные изменения коллектора происходят одновременно по мере его вскрытия, вызывая необратимые процессы, такие как эффект зацементации или запыления. Наиболее чувствительны к деформационным изменениям карбонатные коллекторы, что обусловлено их трещиноватостью.

### Анализ опыта применения технологии

В последние годы поиски новых методов интенсификации процесса бурения и повышения дебита скважин привели к нетрадиционным методам воздействия на призабойную зону в процессе бурения и добычи нефти. Для решения этой проблемы специалистами НПФ "Тимурнефтегаз" разработана реактивно-акустическая техника и технология для бурения и вскрытия продуктивного горизонта скважины и получены патенты на данное изобретение [1]. Запатентованное решение включает в себя буровое долото с реактивно-акустическим модулем (РАМ) (см. рис.1).

Применение данной техники и технологии открывает принципиально новые подходы к решению этой проблемы, а опыт бурения на различных месторождениях и регионах показали следующие положительные результаты:

- » повышается эффективность разрушения породы и увеличивается скорость бурения от 40 % до 90 %;
- » повышается срок службы долота в скважине и увеличивается проходка на долото от 50 % до 80 %;
- » существенно снижается диаметральный износ долота, особенно калибрующих элементов;

rock, especially where the rocks are anisotropic and have differing values of elasticity, rupture strength, and volumetric expansion. The anisotropy leads to asymmetrical deformation stresses, primarily in the borehole environment, and fractures and cavities in areas where stresses are concentrated. Deformation anisotropy of the porosity and permeability occurs. This is the next cause of reduced inflow.

The problem is aggravated by the fact that penetration of the solid particulate phase by drilling mud filtrate and deformational changes in the reservoir occur simultaneously as it is penetrated, causing irreversible processes such as pinch-off and plugging. Carbonate reservoirs are the most sensitive to deformational changes due to their fissuring.

### Analyzing Experience When Using Technology

In recent years, searches for new methods for intensifying the drilling process and improving well flow rates have led to non-traditional methods for bottomhole zone treatment during the drilling and oil production process.



**Рис.1.** Реактивно-акустические модули 124,0 и 215,9 мм для бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин.

**Fig.1.** Photo 1. Reactive acoustic modules for drilling directional and horizontal wells using drill bit diameters of 124.0 and 215.9 mm

To solve this problem, specialists at Timurneftegaz Research and Production Company have developed reactive acoustic equipment and technology for drilling and penetrating the producing layer of a well, and have obtained patents for this invention [1]. The patented design comprises a drill bit with a reactive acoustic module. (see Fig 1). The use of this equipment and technology reveals fundamentally new approaches to solving this problem, and experience in drilling in various fields and regions has produced the following positive results:

- » the rock boring efficiency is increased, and the drilling rate is increased by 40 % to 90 %;

- » в процессе бурения буровой раствор подвергается волновой обработке, гомогенизируется и в результате повышаются его реологические качества;
- » создается тонкий защитный экран вокруг стенки скважины, предотвращающий проникновение бурового и цементного растворов в продуктивный и водяные пласты и, как следствие, их загрязнение (обеспечивается чистота коллектора);
- » предотвращаются небольшие (до 15 м<sup>3</sup>/час) поглощения в процессе бурения, существенно снижаются вероятность газо-, водо- и нефтепроявлений в процессе бурения и перетоки пластовой жидкости;
- » исключается образование наддолотных сальников, обвалов, прихватов при бурении неустойчивых пород и повышается качество ствола (стенки) скважины;
- » существенно снижается сила трения бурильной колонны на горизонтальном и наклонном участках ствола и обеспечивается требуемая нагрузка на долото;
- » усилие реактивно-акустической тяги при бурении горизонтального участка ствола сопоставимо с требуемой осевой нагрузкой на долото и обеспечивает плавность его нагружения;
- » сроки освоения скважин продуктивных пластов, вскрытых данной технологией, в 1,5 раза меньше нормативного срока, а дебит в 1,5-2 раза превышает дебит пласта, вскрытого по обычной технологии.

### Влияние гидроакустического поля на процессы фильтрации

Учитывая особую важность процесса вскрытия продуктивного горизонта, были проведены исследования влияния гидроакустического поля на процессы фильтрации промывочной жидкости через керны с различной проницаемостью [2]. Результаты исследований фильтрации глинистого раствора через керны в статистических, динамических условиях и в гидроакустическом поле отличаются между собой. Существо отличия заключается в изменении скорости фильтрации во времени, т.к. изменение скорости и объема фильтрата промывочной жидкости являются основными показателями, характеризующими образование защитного экрана, - т.е. степени кольятации стенки скважины. На рис. 2 приведены кривые изменения скорости фильтрации (кольятации) во времени в статических (1), динамических (2) условиях и при гидроакустическом воздействии (3).

Проведенные исследования процессов фильтрации показывают, что при гидроакустическом воздействии образование защитного экрана ускоряется в 10 и более раз, в результате скорость фильтрации через 15-20 секунд становится близкой к нулю, и степень кольятации достигает 92-96 %, а объем фильтрата, проникшего в пласт, снижается в десятки раз.

При статических и динамических условиях такая степень кольятации достигается через 50-60 мин.

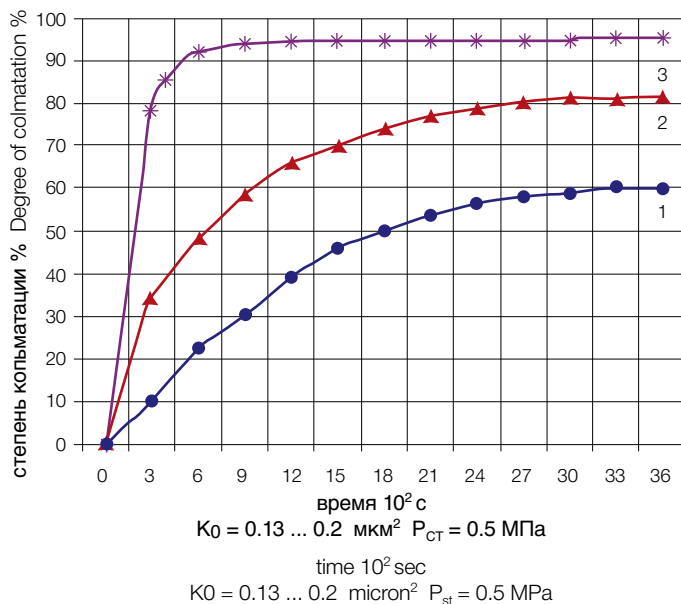
- » the service life of the drill bit in the well is prolonged and the headway per bit is increased by 50% to 80%;
- » the diametral wear of the bit, especially the calibrating elements, is reduced significantly;
- » the drilling mud is subjected to undulation during drilling. is homogenized, and its rheological properties are improved as a result;
- » a thin protective screen is created around the borehole wall that prevents penetration of drilling mud and grout into the producing and water-bearing beds and thereby prevents their contamination (cleanness of the reservoir is ensured);
- » minor (up to 15 m<sup>3</sup>/hour) lost circulation in the drilling process is prevented, and the probability of gas, water, and oil kicks and formation fluid crossflow during drilling is reduced significantly;
- » the formation of blockages above the bit, cave-ins, and sticking of the bit when drilling in unstable rocks is prevented, and the quality of the wellbore is improved;
- » the friction on the drill string in horizontal and directional sections of the wellbore is reduced significantly and the required load on the bit is ensured;
- » the reactive acoustic tension when drilling a horizontal section of a wellbore is comparable to the required axial load on the bit, and ensures that it is loaded smoothly;
- » the time required to complete wells into producing beds penetrated using this technology is 1.5 times less than the standardized time, while the flow rate is 1.5-2 times greater than the flow rate from a bed penetrated using the conventional technology.

### Influence of Hydroacoustic Field on the Filtration Processes

In view of the special importance of the drilling-in process, the influence of the hydroacoustic field on the filtration of the flushing fluid through cores with various permeabilities was studied. [2]. The results of the studies of mud filtration through core samples under static and dynamic conditions and in a hydroacoustic field differ. The essence of the differences is the change in the filtration rate over time, since the changes in the velocity and volume of the flushing fluid filtrate are the primary indicators of the formation of a protective screen, i.e., of the degree of colmatation of the borehole wall. Fig. 2 (overleaf) provides curves of the filtration (colmatation) rate during time under static (1) and dynamic (2) conditions and under a hydroacoustic effect (3).

The studies of the filtration processes showed that under a hydroacoustic effect the formation of a protective screen is accelerated by a factor of 10 or more, as a result of which the filtration rate drops to near zero after 15-20 seconds, and the degree of colmatation reaches 92-96%, while the volume of filtrate penetrating the bed decreases by several orders of magnitude.

This degree of colmatation is achieved in 50-60 minutes under static and dynamic conditions. A mud cake is present under static and dynamic conditions, while under



**Рис.2** – Зависимость степени колюматации песчаных кернов при статических (1), динамических (2) условиях и при гидроакустическом воздействии (3) во времени.

**Fig.2.** Degree of colmatation of sand core samples under static (1) and dynamic (2) conditions and under hydroacoustic effects (3) as a function of time.

При статических и динамических условиях фильтрации присутствует глинистая корка, а при гидроакустическом воздействии глинистая корка отсутствует, а толщина колюматационно-защитного экрана составляет 10-18 мм в порах исследуемых кернов.

Кроме указанных, проводились исследования и процесса деколюматации – очистки поровых каналов под воздействием гидроакустических волн [2]. При гидроакустическом воздействии на керны очистка колюматационного слоя происходит в десятки раз быстрее и до полного восстановления проницаемости породы. На базе проведенных исследований разработана гидроакустическая техника и технология для освоения скважины и интенсификации притока из продуктивного горизонта (рис. 3, гидроакустические устройства для освоения скважины).

В частности, были разработаны гидроакустические генераторы для бурения с различными активными элементами: вихревые, тороидальные, дисковые, диафрагменные и параметрические генераторы, работающие в режиме усиления выходных параметров. С целью создания гидроакустических устройств с заданными выходными параметрами и выбора оптимальной конструкции проводились исследования амплитудно-частотных характеристик гидроакустических генераторов при различных режимных параметрах. Эти работы выполнялись в Институте машиноведения (ИМАШ) при РАН

hydroacoustic effects there is no mud cake, and the thickness of the protective colmatation screen is 10-18 mm in the pores of the core samples studied.

Furthermore, the decolmatation (cleaning of the pores under the influence of hydroacoustic waves) was also studied [2]. Under hydroacoustic effects on the pores, the colmatation layer is cleared tens of times faster, until the permeability of the rock is completely restored.

Hydroacoustic apparatus and technologies for well completions and stimulation of the inflow from a producing layer were developed on the basis of these studies (see Pic 3 of hydroacoustic device for well completion).



**Рис.3:** Гидроакустические устройства для освоения скважины.

**Fig.3:** Hydroacoustic devices for well completion

In particular, hydroacoustic generators for drilling with various active elements (vortex, toroidal, disk, diaphragm and parametric generators) operating with output parameter amplification were developed. The amplitude-frequency responses of hydroacoustic generators under various operating conditions were studied to create hydroacoustic devices with the required parameters and to select the optimum design. This work was performed at the Russian Academy of Sciences Machinery Science Institute (IMASH) [3] and the regional enterprise OTO Production Ltd., with the involvement of specialists of the Machine Acoustic Institute of Samara State Aerospace University [4]. It was found during this work that the output parameters of these devices are dependent on many factors: the type and geometrical dimensions of the active elements, the density, viscosity, quantity and flow rate of the active agent in the pores, and the counterpressure in the system. However, the most important fact is that the waves generated are nonlinear hydroacoustic waves with simultaneous generation of frequencies from 0.15 to 16 kHz. Figs. 4 and 5 show the amplitude-frequency responses of



[3] и РП «ОТО Продакшн Лтд» с привлечением специалистов Института акустики машин при Самарском Государственном аэрокосмическом университете [4]. В процессе их выполнения выявлено, что выходные параметры этих устройств зависят от многих факторов: от типа и геометрических размеров активных элементов, плотности, вязкости, количества и скорости истечения рабочего агента в каналах, противодействия в системе. Но самое главное – генерируемые волны относятся к нелинейной гидроакустике с одновременной генерацией частот от 0,15 до 16 кГц. На рис. 4 и 5 приведены амплитудно-частотные характеристики гидроакустических устройств для бурения (РАМ) и освоения скважин при различных режимных параметрах.

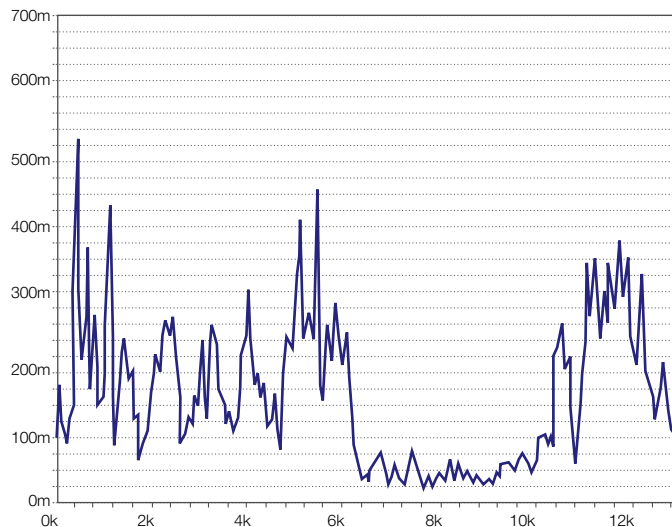
### Применение технологии

Данную технологию можно использовать в процессе роторного способа бурения различными забойными двигателями, включая электробурь для наклонно-направленного и горизонтального бурения диаметром долота от 124 мм и выше. На фотографиях приведены реактивно-акустические модули (РАМ) для бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин с долотами диаметром 124,0 и 215,9 мм, и схема работы РАМ в горизонтальном стволе.

По результатам бурения «Татнефтепромом» (г.Альметьевск) опорно-технологических скважин на Зюлеевском месторождении, проведенного с целью определения эффективности различных технологий вскрытия продуктивных пластов с высоковязкой нефтью, наилучшие результаты по удельной продуктивности пласта получены с использованием гидроакустической технологии.

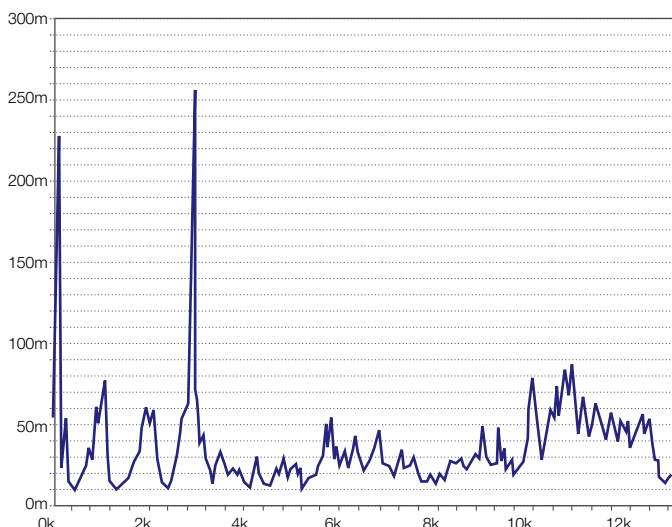
Кроме этого проводилось бурение опорно-технологических скважин по оценке эффективности различных технологий заканчивания скважин в условиях месторождений компании "Татнефть". Приняты 13 приоритетных технологий, в т.ч. гидроакустическая технология первичного вскрытия. Анализ и обработка результатов бурения опорно-технологических скважин выполнены институтом «ТатНИПИнефть». Оценка эффективности технологий осуществлялась по значению удельной продуктивности пласта. По данному критерию наивысшие результаты по эффективности вскрытия пластов получены с использованием гидроакустической технологии – увеличение удельной продуктивности пласта составило 3,8 раза.

По мнению специалистов нефтяной компании Saudi Aramco, где объем бурения горизонтальных скважин составляет 100 %, а также технологического сопровождения горизонтального бурения компании Sperry-San, где проводились опытно-промышленные работы, гидроакустическая технология облегчает



**Рис.4** – Амплитудно-частотная характеристика реактивно-акустического модуля РАМ.

**Fig.4.** Amplitude-frequency response of the reactive acoustic device for well drilling (reactive acoustic module)



**Рис.5** – Амплитудно-частотная характеристика гидроакустического устройства для освоения скважины

**Fig.5.** Amplitude-frequency response of the hydroacoustic device for well completion

hydroacoustic devices for well drilling and completion under various operating conditions.

### Application of Technology

This technology can be used in the rotary drilling process using various downhole motors, including electric drills for directional and horizontal drilling with drill bit diameters of 124 mm and larger. The photographs show reactive acoustic modules for drilling directional and horizontal wells using drill bit diameters of 124.0 and 215.9 mm and a diagram of the operation of a reactive acoustic module in a horizontal borehole.

# Аренда дизельных электростанций



## Обеспечение временного энергоснабжения от 500 кВА до 200 МВА

**Компания Aggreko специализируется в:**

- подключении дополнительных источников электроснабжения к местным электросетям в период пикового спроса;
- предоставлении автономных электростанций, обеспечивающих временное электроснабжение без прокладки линий электропередач и распределительных линий;
- обеспечении электроснабжения объектов, строящихся с нуля.

**Тел.: + 7 495 225 93 26**

**Факс: + 7 495 644 09 52**

**Эл. Почта: [russia@aggreko.com](mailto:russia@aggreko.com)**

**[www.aggreko.com/russia](http://www.aggreko.com/russia)**

**aggreko**



**Рис.6** – После успешного завершения бурением очередной горизонтальной скважины с РАМ, долото - 149,2мм. Длина горизонтального участка 1500м

**Fig.6.** After the successful drilling of a horizontal well using the RAM-149.2mm reactive acoustic module. The length of the horizontal segment of the wellbore was 1500 m.

наводку компоновки, корректировку траектории, повышает точность и ускоряет проводку ствола. На **рис. 6**:- после успешного завершения бурением очередной горизонтальной скважины реактивно-акустической техникой РАМ-149,2мм. Длина горизонтального участка ствола составляла 1500м. На **рис. 7**:- подготовка к спуску РАМ-215,9мм для бурения очередной скважины.

### Основные параметры реактивно-акустического устройства:

- » диаметр применяемых долот - от 124мм и выше;
- » плотности промывочной жидкости - от 900 - 2200 кг/м<sup>3</sup>;
- » проницаемость разбуриваемых пород - 0,001 - 2,0 мкм<sup>2</sup>;
- » при интенсивности поглощения до 30 м<sup>3</sup>/ч и размере пор 10-8 м;
- » при любом виде коллектора и не регламентированных значений пластовой температуры и содержания сероводорода;
- » частота гидроакустических волн - 0,15-16 кГц;
- » амплитуда давления - 1,5-6,0 МПа;
- » расход буровой жидкости - 0,020-0,035 м<sup>3</sup>/с;
- » перепад давления в устройстве - 3,0-6,0 МПа;

Габаритные размеры: диаметр - 120 - 295 мм; высота - 350 - 800 мм; масса - 20 - 150 кг

### Заключение

Результаты сравнительного анализа свидетельствуют, что реактивно-акустическая техника и технология по своей простоте использования, надежности, эффективности и многофункциональности назначения является уникальной, не имеющей аналогов в мировой практике. К настоящему времени на базе гидроакустической технологии создан целый ряд техники, реализующей ее технологические принципы в нефтедобывающей, нефтехимической и других отраслях промышленности. Все они по основным показателям существенно превосходят традиционные технологии. Разработки защищены патентами Российской Федерации, ведущих стран Европы, США, Канады, Японии. Следует отметить, что гидроакустическая технология, применяемая в различных технологических процессах,

According to the results of the test well drilling in the Zyuzeyevskoye field by Tatneftprom (Almetievsk) performed to determine the effectiveness of various technologies for penetrating producing formations containing highly viscous oil, the best results in terms of the specific productivity of a formation were achieved using hydroacoustic technology.

In addition, test wells were drilled to assess the effectiveness of various well completion technologies under the conditions of the Tatneft oil fields. Thirteen preferred technologies were used, including hydroacoustic penetration technology. The results of the test well drilling were processed and analyzed by the TatNIPIneft Institute. According to the criteria used, the best results, in terms of formation penetration effectiveness were obtained using the hydroacoustic technology: the specific productivity was increased by a factor of 3.8.

In the opinion of specialists from Saudi Aramco, where 100% of the wells are horizontal wells, as well as per the horizontal drilling engineering support provided by Sperry-Drilling, where the trial operations were conducted, the hydroacoustic technology simplifies drill string guidance and trajectory correction, improves accuracy, and accelerates drilling. In **photo 6**:- After the successful drilling of a horizontal well using the RAM-149.2mm reactive acoustic module. The length of the horizontal segment of the wellbore was 1500 m. In **photo 7**:- Preparing to run the RAM-215.9mm for drilling a new well.



**Рис.7** – Подготовка к спуску реактивно-акустического модуля с долотом 215,9мм для бурения очередной скважины.

**Fig.5.** Preparing to run the reactive acoustic module with 215.9 mm drill bit for drilling a new well.

### Primary Parameters of Reactive Acoustic Device:

- » diameters of drill bits used - 124 mm and larger;
- » flushing fluid density - 900-2200 kg/m<sup>3</sup>;
- » permeability of rocks drilled - 0.001-2.0 μ<sup>2</sup>;
- » with lost circulation of up to 30 m<sup>3</sup>/hour and pore size of 10-8 m;
- » in any type of reservoir and unspecified formation temperature and hydrogen sulfide content;
- » hydroacoustic wave frequency - 0.15-16 kHz;
- » pressure - 1.5-6.0 MPa;
- » drilling mud consumption - 0.020-0.035 m<sup>3</sup>/sec;
- » pressure differential in device - 3.0-6.0 MPa;



является исключительно экологически чистой и физиологически безопасной, что очень важно для широкого использования в топливно-энергетическом комплексе.

### Литература

1. Патенты РФ на изобретения №№ 2270315, 2351731.
2. Муфазалов Р.Ш., Муслимов Р.Х., Климова Л.Р. и др. Гидроакустическая техника и технология для бурения и вскрытия продуктивного горизонта. – Казань: Издательство “Дом печати”, 2005.-184с. илл.
3. Волновая технология и техника. Под редакцией академика РАН Ганиева Р.Ф. М.: Издательская фирма “Логос”, 1993. – 127 с. илл.
4. Технический отчет Института акустики машин при СГАУ по договору № 019 от 12.03.2001. “Измерение амплитудно-частотных характеристик скважинных генераторов”.

Overall dimensions: diameter - 120-295 mm; height - 350-800 mm; weight - 20-150 kg

### Conclusion

The results of the comparative analysis show that the reactive acoustic equipment and technology is unique and has no analogs in world practice in terms of its ease

of use, reliability, effectiveness, and multifunctionality. The hydroacoustic technology is now the basis for developing a whole series of devices using its technological principles in the oil producing, petrochemical, and other industries. They are all superior to traditional technologies. The developers are protected by patents in the Russian Federation, the leading nations of Europe, the USA, Canada and Japan. It should be noted that the hydroacoustic technology used in various processes is exceptionally environmentally friendly and physiologically safe, which is very important for its widespread use in the fuel and energy sector.

### References

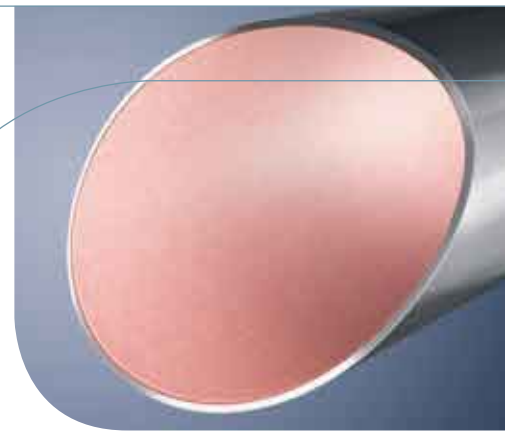
1. RF Patents for Invention № 2270315 and 2351731.
2. R. Sh. Mufazalov, R. Kh. Muslimov, L. R. Klimov et al. Hydroacoustic Equipment and Technology for Drilling and Penetration of a Producing Formation. Kazan: Dom Pechati Press, 2005, 184 pp., illustrated.
3. Wave Technology and Equipment. Edited by Russian Academy of Sciences Academician R. F. Ganiev. Moscow, Logos Press, 1993, 127 pp., illustrated.
4. Technical Report of Machine Acoustic Institute of Samara State Aerospace University under Contract № 019 dated March 12, 2001 “Measurement of Amplitude-Frequency Responses of Downhole Generators”.

## НОВЕЙШИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ САНАЦИИ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ



### NORDIPIPE™

Внутренняя оболочка  
для бестраншейного  
восстановления  
водопроводов.



### TUBETEX™

Рукавная футеровка для  
бестраншейного восстановления  
газопроводов и водопроводов.

ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИЦЕНЗИИ  
обращаться по эл. почте [info@sekisuicpt.com](mailto:info@sekisuicpt.com)



FORMING GLOBAL CONNECTIONS

■ TECHNOLOGY ■ SALES & SUPPORT ■ CONSTRUCTION

SEKISUI CPT

[www.sekisuicpt.com](http://www.sekisuicpt.com)