

Акустический мониторинг глубоководных скважин в реальном масштабе времени

Андрей Бакулин и Микко Яаскелайнен, компания «Шелл»,
Александр Сидоров и Борис Каштан, Санкт-Петербургский государственный университет



Real-time Completion Monitoring of Deepwater Wells

Andrey Bakulin and Mikko Jaaskelainen, Shell, and Alexander Sidorov and Boris Kashtan, St. Petersburg State University

Акустический мониторинг глубоководных скважин (АМГС) в реальном масштабе времени (АМГС) является новым «дистанционным» (не требующим механического вмешательства) методом выявления участков или зон снижения проницаемости в скважинах, законченных с использованием противопесочных фильтров. Метод основан на использовании акустических сигналов, проходящих через столб скважинного флюида. Эти акустические сигналы переносятся трубными волнами, вызывающими возвратно-поступательное движение скважинного флюида в радиальном направлении, через слои эксплуатационного забоя законченной скважины. Такие трубные волны способны «мгновенно протестировать» зону притока законченной скважины на предмет наличия или отсутствия движения флюидов; они чувствительны к изменениям, происходящим в противопесочных фильтрах с проволочной обмоткой, в гравийной набивке, в интервале перфорации и, возможно, в пласте-коллекторе. Характеристики волн (скорость распространения, затухание амплитуды), проходящих через элемент эксплуатационного забоя с ухудшенной или отличающейся от смежных элементов проницаемостью, меняются. Метод АМГС требует использования стационарных акустических датчиков и по этому признаку может условно считаться «миниатюрным» вариантом системы четырехмерного (4-D) акустического каротажа или непрерывного акустического мониторинга в отдельной скважине.

Введение

Качественное заканчивание скважин является определяющим фактором успеха разработки

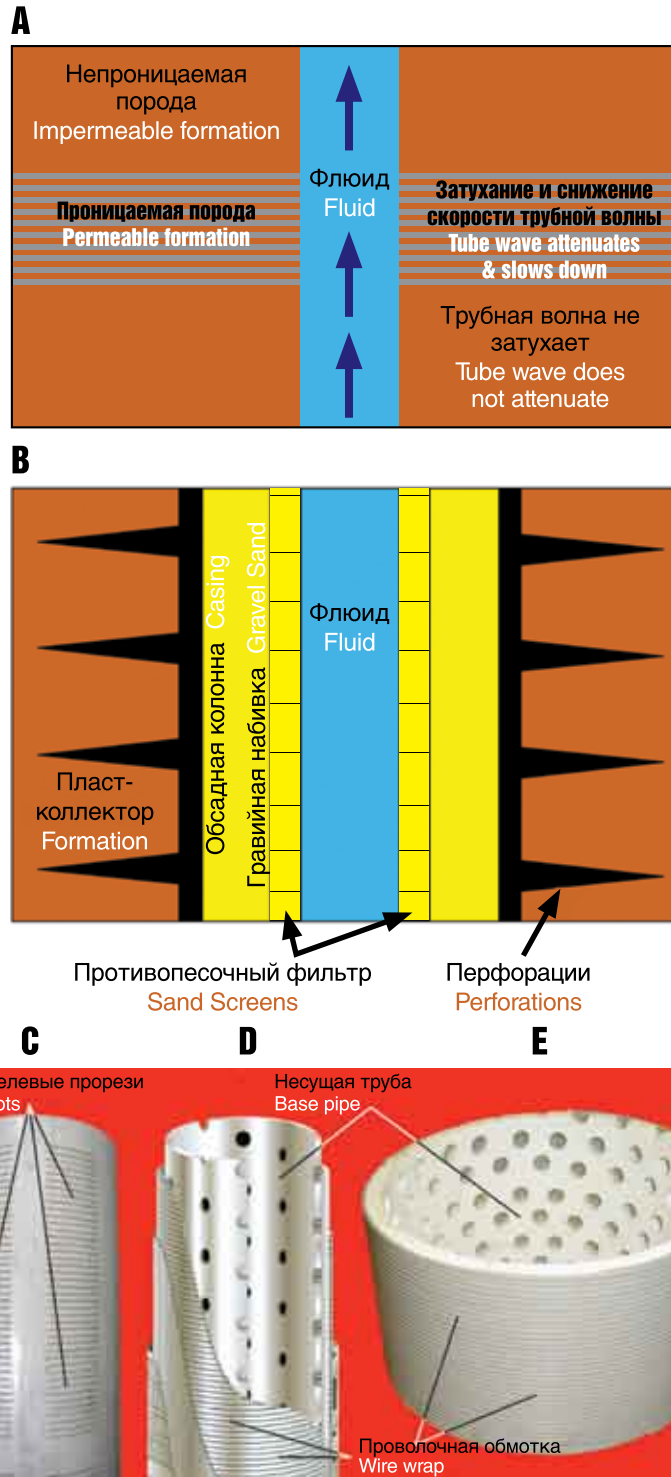
Рeal-Time Completion Monitoring (RTCM) is a new non-intrusive surveillance method for identifying permeability impairment in sand-screened completions that utilizes acoustic signals sent via the fluid column. These signals are carried by tube waves that move borehole fluid back and forth radially across the completion layers. Such tube waves are capable of “instant” testing of the presence or absence of fluid communication across the completion and are sensitive to changes occurring in sand screens, gravel sand, perforations, and possibly the reservoir. That part of the completion with differing impairment from its neighbors will carry tube waves with modified signatures (velocity, attenuation). The RTCM method would require permanent acoustic sensors and, thus, could be thought of as “miniaturized” 4D seismic and “permanent log” in an individual wellbore.

Introduction

Completions lie at the heart of deepwater production and constitute a large portion of the overall well cost. Great multidisciplinary effort is put in up front to design wells right. This contrasts greatly with the production stage, where little information is available to detect problems, optimise the inflow and prevent expensive workovers. Sand screen plugging, incomplete packing, development of “hot spots” in screens, destabilization of the annular pack, fines migration, near-wellbore damage, crossflow, differential depletion, compartmentalization, and compaction represent a typical list of challenges that are extremely difficult to decipher based on several permanent pressure and temperature gauges alone.

The aim of our study was to develop RTCM as a new method that can characterise permeability impairment of

глубоководных месторождений, а затраты на выполнение операций заканчивания составляют значительную часть общей стоимости скважины. Многие отраслевые организации, специализирующиеся в различных научно-технических областях, выполняют огромный объем работ для того, чтобы скважины были правильно спроектированы. Совершенно противоположная картина наблюдается в сфере добычи: имеется очень ограниченный объем информации для выявления осложнений, оптимизации притока и предотвращения высокочрезмерных работ по подземному ремонту скважин. Засорение или забивание противопесочных фильтров, недостаточно плотное или неравномерное заполнение гравийной набивкой, появление так называемых «горячих точек» или очагов повреждения в фильтрах с проволочной обмоткой, потеря устойчивости



the sand screen, gravel, perforations, and the immediate near-wellbore space.

Principles

Physical principles that allow for the estimation of permeability from acoustics waves are well-known for open boreholes where permeability from Stoneley wave became the only direct technique of estimating in-situ permeability from wireline logs. Tube or Stoneley wave is a fundamental axisymmetric mode that represents a piston-like motion of the fluid column resisted by the borehole wall. When tube waves encounter a permeable region, their signatures change since the radial motion of the fluid is no longer fully resisted by the borehole wall and part of

the fluid can escape in and out of the formation (Figure 1a). This implies that tube-wave velocity decreases and attenuation increases with increasing fluid mobility (ratio of permeability to viscosity). RTCM extends ideas of open-hole Stoneley-

Рисунок 1: (а) При взаимодействии трубной волны с проницаемым интервалом, через который может происходить взаимный переток флюидов между стволом скважины и пластом-коллектором, такая волна затухает и ее скорость снижается. (б) Схематический разрез эксплуатационного забоя глубоководной скважины, оборудованного противопесочным фильтром. Противопесочные фильтры: (с) щелевой фильтр из ПВХ, использованный в экспериментальной установке; (д) фильтр высокого качества Excluder (фирмы Baker), (е) фильтр с проволочной обмоткой из ПВХ.

Figure 1: (a) The tube wave attenuates and slows down when it encounters the permeable interval that can exchange fluids between borehole and formation. (b) Schematic cross-section of a sand-screened completion in deepwater well. Sand screens: (c) slotted PVC screen used in this experiment; (d) a premium screen, named as Excluder (from Baker), (e) wire-wrapped PVC screen.

гравийной набивки в кольцевом пространстве, миграция мелких частиц, повреждение призабойной зоны, возникновение перетоков, неравномерное истощение коллектора, наличие гидродинамической неоднородности и переуплотнений - типичный перечень осложнений, которые очень трудно распознать лишь на основании показаний нескольких стационарных датчиков давления и температуры.

Цель наших исследований состояла в разработке метода АМГС как нового механизма оценки степени снижения проницаемости противопесочного фильтра, гравийной набивки, интервала перфорации и ближней призабойной зоны.

Общие принципы

Физические принципы механизма определения проницаемости по акустическим волнам хорошо известны, так как измерение проницаемости в необсаженных скважинах по волнам Стоунли стало единственным прямым методом изучения свойств коллектора в условиях его естественного залегания с помощью приборов ГИС, спускаемых на кабеле. Трубные волны или волны Стоунли фундаментально отличаются доминирующим осесимметричным режимом, реализующимся в возвратно-поступательных колебаниях столба флюида, которым оказывают

wave logging to wells with sand-screened completions typical for deepwater. These wells have additional layers between the formation and borehole fluid, such as sand screen, gravel sand, and casing (Figure 1b). The sand screen and gravel pack prevent migration of reservoir sand into the wellbore and maintain the integrity of the reservoir around the wellbore. The completed well has one essential similarity to the open-hole model, i.e., in a normal flowing well there has to be fluid communication across all layers of the completion. Our objective was to analyse the effect of broken fluid communication across the sand screen (or perforations) through the signatures of tube waves.

RTCM concept

Figure 2 depicts two possible configurations of the RTCM method: “repeated or permanent log” (transmission) and “mini-4D seismic in a well” (reflection). In both cases, we detected changes in acoustic signatures of tube waves over time and inferred changes of permeability along the completion. In transmission configuration, we measure velocity and attenuation of the tube waves(s) along the completion and thus need sensors along the sandface (Figure 2a). In reflection configuration, we need sensors only above the completion and analyse the change in reflected arrivals from permeability interfaces (Figure 2b).

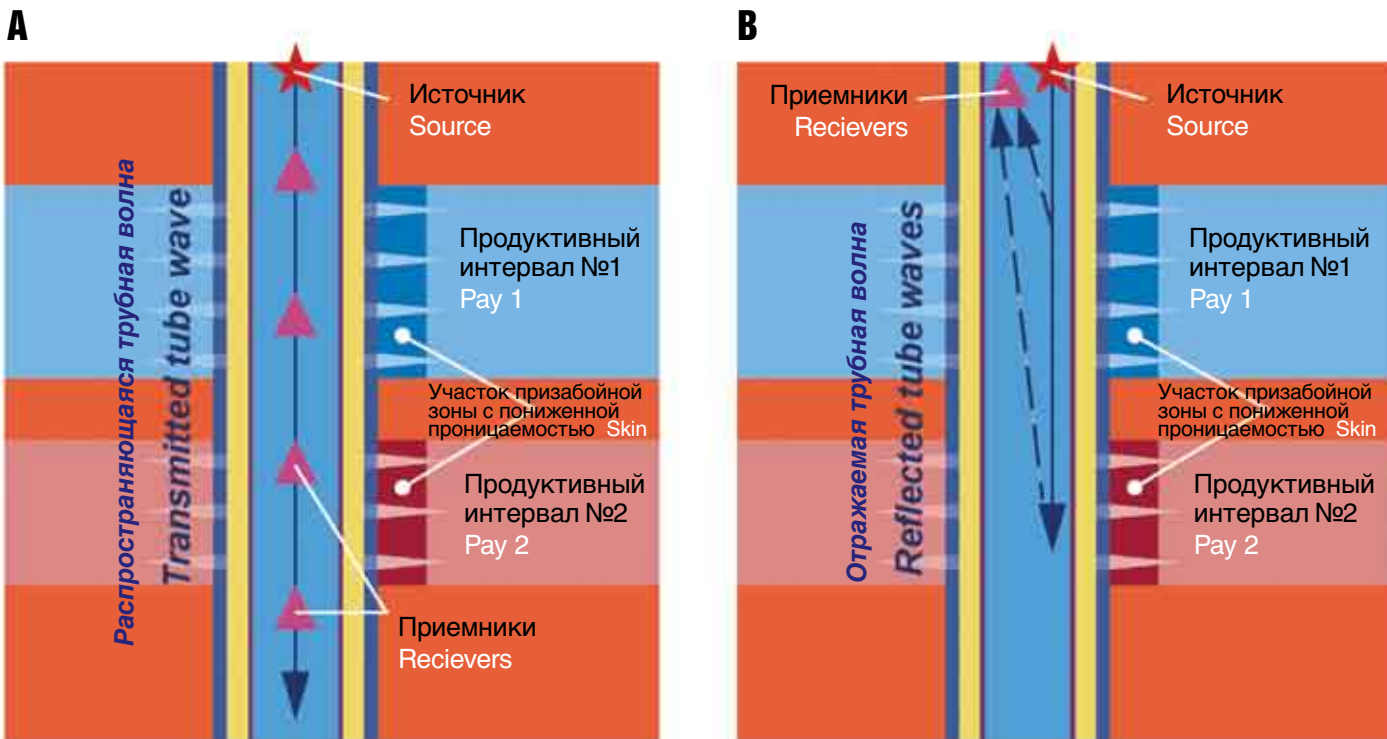


Рисунок 2: Конфигурации метода АМГС: а) «повторный или непрерывный каротаж» (конфигурация проходящих волн); б) «мини»-4D мониторинг в скважине» (конфигурация отраженных волн).

Figure 2: Conceptual design of RTCM configurations:

a) “Repeated or permanent log” (transmission configuration); b) “Mini-4D seismic in a well” (reflection configuration).

сопротивление стенки ствола скважины. При взаимодействии трубных волн с проницаемым телом их характеристики изменяются, так как поверхности стенки скважины уже не оказывают полного сопротивления радиальному движению флюида, и часть флюида может либо проникать в толщу пласта-коллектора, либо покидать его поры (см. рис. 1а). Это означает, что скорость распространения трубных волн снижается, а темпы их затухания увеличиваются с повышением подвижности флюида (отношение проницаемости к вязкости). Метод АМГС позволяет распространить метод использования волн Стоунли на скважины, оснащенные противопесочными устройствами, типичными для глубоководных районов. В таких скважинах пласт-коллектор и скважинный флюид разделяются несколькими дополнительными слоями, такими как противопесочный фильтр, гравийная набивка и обсадные трубы (рис. 1b). Противопесочный фильтр и гравийная набивка предотвращают проникновение пластового песка в ствол скважины и сохраняют устойчивость пород в призабойной зоне.

Законченная скважина имеет одно важное сходство с необсаженной: в условиях нормального режима притока между всеми слоями интервала заканчивания должна иметь место гидродинамическая связь. Цель

It can be shown that such measurements can be performed while the well is flowing, thus providing valuable information in real time to well engineers and production technologists. Such information allows them to

- detect changes in permeability in and around the well (and thus the inflow ability) in real time,
- identify the well structure responsible for any problems (screen, perforation, etc.),
- help design best practices for drawing the wells without impairing them,
- raise red flags early on when problems are not acute and can be fixed with lighter effort, and
- help characterize cross-flow and differential depletion in wells with multiple commingled producing intervals.

We conducted a full-scale laboratory test of the RTCM concept when permeability impairment is caused by sand-screen plugging in a completion without a gravel pack.

Full-scale laboratory test

The schematics and an actual photo of the horizontal flowloop setup we used for experimental measurements are shown in Figure 3. The outer pipe (casing) is modeled with glass pipe. The inner pipe (PVC sand screen) is positioned inside using plastic centralisers.



ПРОСТОТА. ЭФФЕКТИВНОСТЬ. НАДЕЖНОСТЬ.

Продукты **SWELLFIX** лидируют на мировом рынке разбухающих эластомеров – динамичное, но в то же время простое решение по разобщению пластов и контролю проявлений в процессе бурения в горизонтальных и вертикальных скважинах.

Компания помогает своим клиентам значительно повысить экономическую эффективность производства за счет повышения добычи и снижения водопритока.

Более 5 000 внедрений, выполненных на сегодняшний день в самых разнообразных условиях как на суше, так и на море, и отсутствие нареканий относительно качества, а также практически полная надежность делают **SWELLFIX** естественным выбором для разобщения пластов. Простота, эффективность, надежность – **SWELLFIX**.



SPEAK TO EXPERTS. SWELLFIX.COM

Москва 495 518 9721 ext.2501. info@swellfix.com

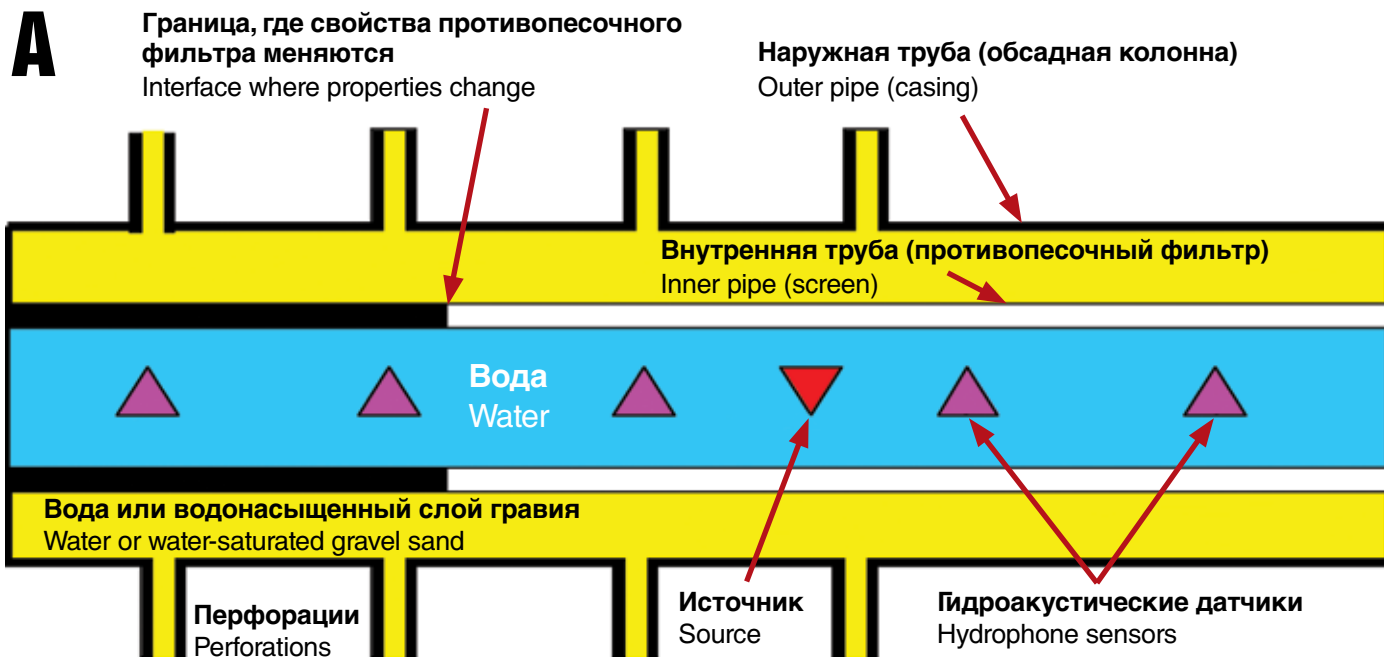


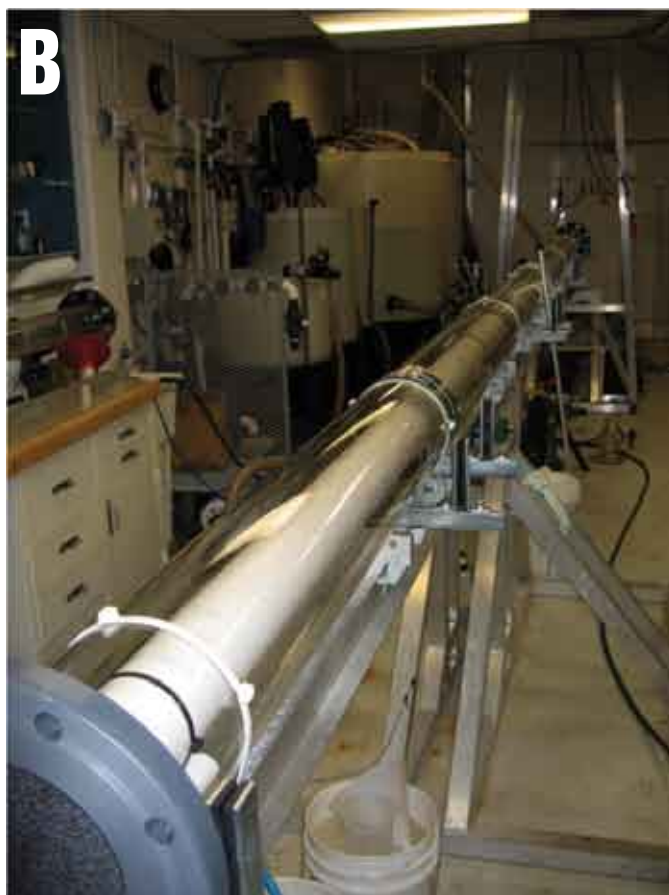
Рисунок 3: (а) Схематический чертеж установки, представляющей собой модель эксплуатационного забоя горизонтальной скважины, оборудованного противопесочным фильтром. (б) Фотография подлинной установки со стеклянной наружной трубой (без перфораций).

Figure 3: (a) Sketch of the flowloop setup with the model of sand-screened completion in horizontal well. (b) Photograph of the actual setup with a glass outer pipe (no perforations).

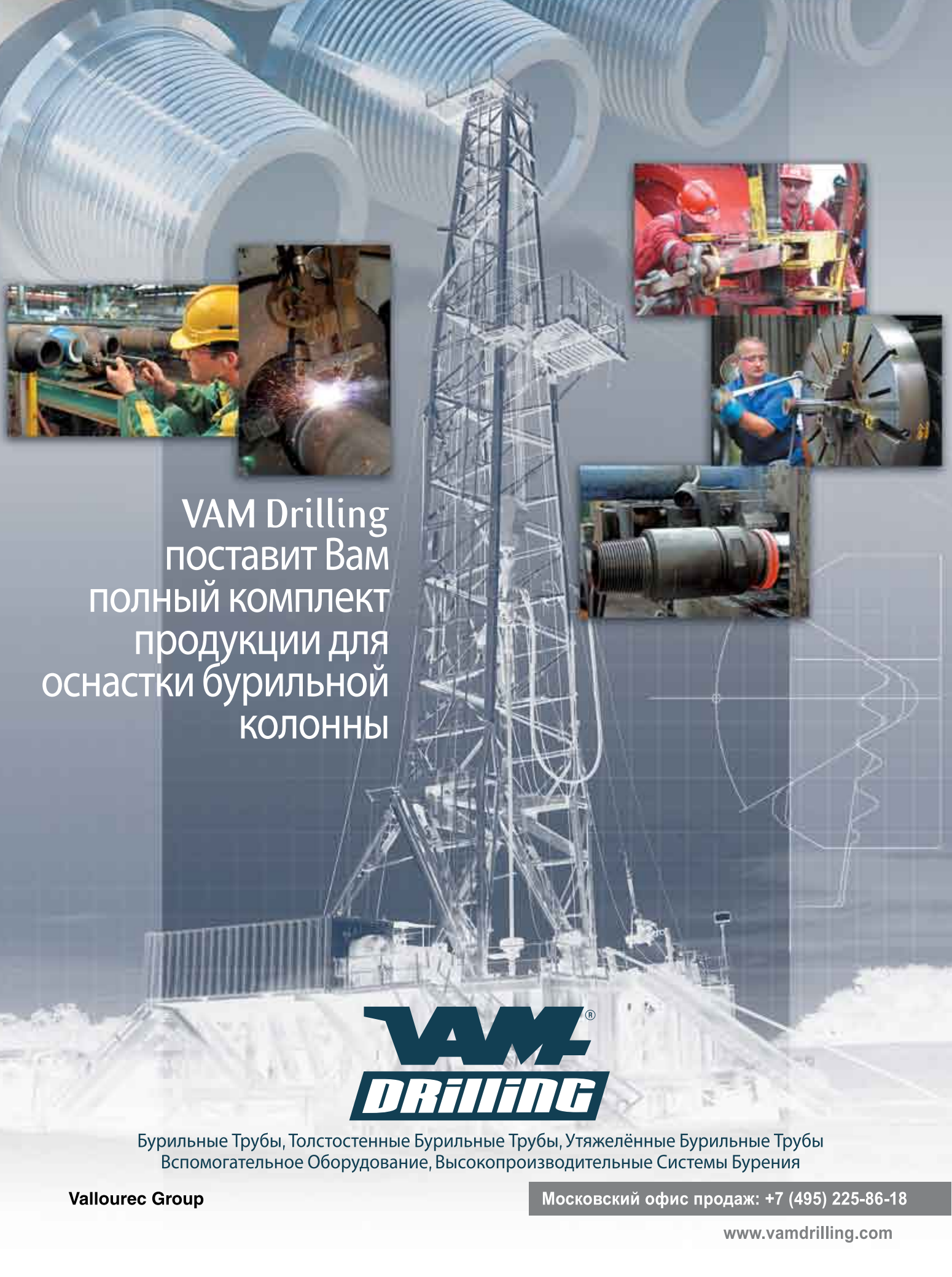
наших исследований состояла в анализе эффекта нарушения гидродинамической сообщаемости на рабочей поверхности противопесочного фильтра (или интервала перфораций) путем мониторинга характеристик трубных волн.

Концепция АМГС

На рис. 2 показаны две возможные конфигурации метода АМГС: «повторный или непрерывный каротаж» (проходящие волны) и «мини»-4D мониторинг в скважине» (отраженные волны). В обоих случаях были зарегистрированы изменения в акустических характеристиках трубных волн во времени и предполагаемые изменения проницаемости вдоль эксплуатационного забоя. При изучении конфигурации проходящих волн измерялись скорость и затухание трубной волны (волн) вдоль эксплуатационного забоя, для чего использовались датчики, устанавливаемые вдоль вскрытой поверхности забоя в песчаном пласте (рис. 2а). Для изучения конфигурации отраженных волн требовалось установить датчики только над эксплуатационным забоем и проанализировать изменения во вступлениях отраженных волн, обусловленные прохождением волн через поверхности



To model an open sand screen (“open pores”), we used a PVC pipe with 0.0002 m slots (Figure 1c). The plugged sand screen was modeled with a blank PVC pipe without slots and is referred to as “closed pores”. The annulus between the inner and the outer pipe is filled with water. Measurements are conducted with a 24-level hydrophone array (35 cm spacing) and a piezoelectric source, both lying down at the bottom of the inner pipe.



VAM Drilling
поставит Вам
полный комплект
продукции для
оснастки бурильной
колонны

VAM[®]
DRILLING

Бурильные Трубы, Толстостенные Бурильные Трубы, Утяжелённые Бурильные Трубы
Вспомогательное Оборудование, Высокопроизводительные Системы Бурения

Vallourec Group

Московский офис продаж: +7 (495) 225-86-18

www.vamdrilling.com

изменения проницаемости (рис. 2b).

Очевидно, что подобные измерения можно выполнять в фонтанирующей скважине. Это позволяет инженерам-буровикам и промышленным технологам получить ценную информацию в реальном масштабе времени. Полученная информация позволит им:

- обнаруживать изменения проницаемости как в скважине, так и в околоскважинном пространстве (и, следовательно, оценивать возможности получения ритока) в реальном масштабе времени;
- выявлять элемент конструкции скважины, создающий какие-либо осложнения (фильтр, перфорации и т.п.);
- содействовать разработке наилучших методов отбора скважинной продукции без ухудшения эксплуатационных показателей;
- заблаговременно выявлять проблемы или осложнения, когда на их решение или устранение требуются меньшие усилия;
- более глубоко изучить механизмы перетоков и дифференциального истощения при эксплуатации скважин с несколькими интервалами одновременно-раздельной эксплуатации.

Нами проведены полномасштабные лабораторные испытания концепции АМГС для случаев снижения проницаемости в результате засорения противопесочных фильтров в скважинах, законченных без применения гравийной набивки.

Полномасштабные лабораторные испытания

Схема и фотография лабораторной установки (представляющей собой замкнутый горизонтальный контур), на которой проводились измерения, показаны на рис. 3. Наружная труба (обсадная колонна) изготовлена из стекла. Внутренняя труба (противопесочный фильтр из ПВХ) установлена внутри с использованием пластиковых центраторов. Для моделирования схемы установки противопесочного фильтра в необсаженном стволе скважины («открытые поры») использовалась труба из ПВХ с щелевыми прорезями шириной 0,0002 м (рис. 1с). В качестве модели для засоренного противопесочного фильтра использовалась сплошная труба из ПВХ без щелевых прорезей, условно называемая «закрытые поры». Кольцевое пространство между внутренней и наружной трубами заполнялось водой. Измерения проводились с помощью группы 24-канальных гидроакустических приемников (с интервалом 35 см) и пьезоэлектрического источника. Как приемники, так и источник были уложены на «дне» внутренней трубы.

Идеализированная модель заканчивания

В реальной ситуации противопесочные фильтры могут иметь довольно сложную конструкцию (рис. 1d), но мы предполагали, что фильтр может быть имитирован

Idealized completion model

Actual sand screens can be quite complicated (Figure 1d), but we assume that the screen can be represented by a homogeneous effective pipe, both in terms of mechanical and hydraulic properties. If this pipe is not permeable (plugged screen), then the laboratory setup can be simplified to this idealized four-layered model: fluid-elastic inner pipe (screen) – fluid-elastic outer pipe (casing). This model of two concentric elastic pipes with a free outer boundary supports four axisymmetric wave modes at low frequencies:

- TI – tube wave supported by the inner pipe
- TO - tube wave supported by the outer pipe
- PI - plate (extensional) wave related to the inner pipe
- PO – plate (extensional) wave related to the outer pipe.

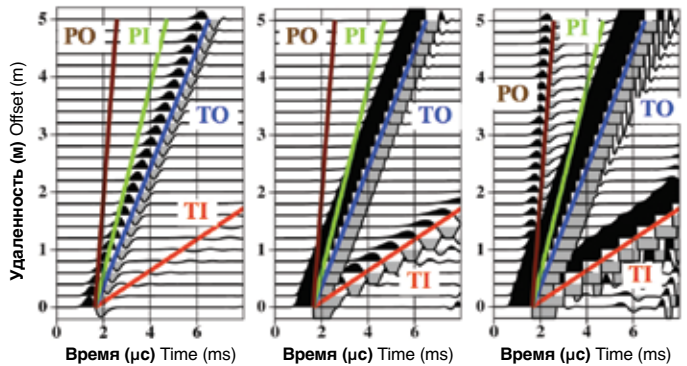


Рисунок 4: Сейсмограммы давления с последовательным усилением амплитуды для четырехслойной модели с закрытыми порами (без гравийной набивки). модель модель с наружной трубой из стекла и пластиковыми внутренними трубами. (a) доминирующее вступление быстрой трубной волны (ТО – 1030 м/с) от наружной стеклянной трубой. (b) менее интенсивное вступление медленной трубной волны (ТИ – 270 м/с), связанное с внутренней пластиковой трубой. (c) Продольные волны имеют еще меньшую амплитуду (PO коричневого цвета – 5410 м/с, PI зеленого цвета – 1630 м/с).

Figure 4: Pressure seismograms with successive amplifications for a four-layered model with closed pores (no gravel pack) using model with glass outer pipe and plastic inner pipes. (a) The largest arrival is a fast tube wave (TO - 1030 m/s) related to the outer glass pipe. (b) The smaller arrival is a slow tube wave (TI - 270 m/s) related to the plastic inner pipe. (c) Plate waves are of even smaller amplitude (brown PO - 5410 m/s, green

Figures 4 shows synthetic seismograms for a four-layered model similar to the experimental setup. The dominant arrival is a fast-tube wave associated with the outer pipe (TO), whereas the slow-tube wave supported by the inner pipe (TI) is weaker. If the inner pipe becomes permeable (open to flow sand screen), then both tube waves experience attenuation and slow-down.



AkerSolutions

Operations & Service Centre Baku, Azerbaijan

Wireline Tractor & Associated Services Caspian Sea & Surrounding Areas

Wireline or coiled tubing conveyance
in high deviation or extended reach
wells, down hole sleeve or valve
functioning, pulling or setting
plugs, scale or sand removal,
milling & cased hole logging
(memory or real time)

 **Aker**Solutions™

www.akersolutions.com/wellservice

просто гладкой трубой, как с точки зрения механических, так и гидравлических свойств. Если такая труба является непроницаемой (забитый фильтр), то конфигурация лабораторной установки может быть упрощена до «идеализированной» четырехслойной модели «жидкость - внутренняя труба (фильтр) - жидкость - наружная труба (обсадная колонна)». В такой модели, состоящей из двух концентрических упругих труб с незамкнутым наружным пространством, можно «прогнать» четыре следующих вида осесимметричных низкочастотных волн:

- Т1 – трубная волна, связанная с внутренней трубой
- Т0 – трубная волна, связанная с наружной трубой
- Р1 – пластинчатая волна, связанная с внутренней трубой
- Р0 – пластинчатая волна, связанная с наружной трубой

На рис. 4 показаны расчетные сейсмограммы четырехслойной модели, подобной той, которая соответствовала конфигурации экспериментальной установки. Преобладало вступление быстрой трубной волны, генерируемой наружной трубой (Т0), при этом медленная трубная волна, генерируемая внутренней трубой (Т1) была слабее. Если внутреннюю трубу сделать проницаемой (открывается для прохождения потока через противопесочный фильтр), то оба вида трубных волн затухают и замедляются.

«Повторный или непрерывный картаж» (проходящие волны)

Рассмотрим сначала характеристики распространения проходящих волн (скорость и затухание) в присутствии незасоренного («открытого») и забитого противопесочного фильтра. На рис. 5а показаны «исходные» (необработанные) данные, полученные для случаев отсутствия противопесочного фильтра, а также его наличия с «открытыми» или «закрытыми» порами. Даже с учетом отражений от места стыковки труб, между указанными сценариями существуют четкие различия. Первое различие заключается в том, что при прогонке варианта без противопесочного фильтра была зарегистрирована только одна (быстрая) трубная волна, скорость которой составляла около 1050 м/с. Амплитуда этой волны несколько снизилась, что предположительно связано с естественным затуханием в кабеле записывающего устройства. После установки непроницаемой внутренней трубы (вариант с закрытыми порами) появилась медленная трубная волна, при этом затухание быстрой трубной волны усилилось. После установки внутренней трубы с щелевыми прорезями (вариант с открытыми порами), между флюидами с обеих сторон противопесочного фильтра из ПВХ установилась гидродинамическая связь, приводящая к особо интенсивному затуханию обоих видов трубных волн. Таким образом, значительное повышение интенсивности затухания как быстрых, так и медленных трубных волн является

“Permanent or repeated log” (transmission)

Let us look first at transmission signatures – velocity and attenuation – in the presence of open and plugged screens. Figure 5a shows the raw data recorded in the case of no screen and a screen with “open” or “closed” pores. Despite pipe joint reflections, there are clear differences between three scenarios. First, in the absence of a screen, there is only one (fast) tube wave present with a velocity of about 1050 m/s. It experienced some amplitude loss, possibly due to intrinsic attenuation in the recording cable. When an impermeable inner pipe was added (closed pores), a slow tube wave appeared, and the fast tube wave became more attenuative. When the inner pipe became slotted (open pores), then fluid on both sides of the PVC screen started to communicate, and this led to a very strong attenuation of both tube waves. Thus, a greatly increased attenuation of both fast and slow tube waves was the first-order diagnostic for open screens, whereas reduced attenuation was characteristic for plugged screens.

Additional diagnostics can be established by analyzing energy distribution as a function of frequency between these two cases. Figure 5b shows slowness-frequency displays. Both fast and slow tube waves with approximately the same velocities of 1100 m/s and 350 m/s are clearly seen in the plugged and open cases, however, the slow wave is completely absent without a screen. In a plugged screen, the fast wave carries maximum energy in the frequency range of 300-600 Hz close to the dominant frequency of the source, whereas lower and higher frequencies carry less energy. In contrast, the spectrum of the fast wave in an open screen has a big energy “hole” between 300 and 600 Hz where the fast wave is attenuated so strongly that even higher frequencies (600-900 Hz) carry more energy. This behavior suggests that fast-wave energy is severely attenuated in the medium frequency range, whereas it is still preserved in the high-frequency range.

Let us now compare this behavior with the poroelastic reflectivity modeling. Figure 6 shows synthetic seismograms computed for a glass setup. The sand screen is modeled as a poroelastic Biot cylinder. Similar to the experiment with closed pores, we observed two tube waves with the fast tube wave dominating in amplitude. In the presence of a screen with open slots, both waves experienced strong changes. The fast tube wave experienced moderate attenuation and change of waveform.

The slow tube wave transformed into a complex packet with weak amplitude. The following physical interpretation can be given to the modeled results. A tube wave is born when the piston-like motion of the fluid inside the pipe creates a radial expansion that is resisted by the elastic pipe. The slow wave is supported mainly by the inner pipe. When this pipe becomes slotted, radial movement of the



World Leader Looking for Managers and Field Engineers

Welltec® is expanding into Russia

Welltec® is the world's leading provider of robotic intervention solutions for oil and gas wells and we are experiencing a rapid, continued growth. To date, we have opened 35 offices in 20 countries across the world in order to respond to the demand for our services.

We recently opened a new office in Moscow and are looking for dynamic people to help establish the office and sustain our development in the region. You will be given a unique chance to strengthening our footprint in a new business area while joining a highly innovative company.

General Manager

You will be responsible for all of the strategic sales and marketing, including operational management and associated administrative functions. Thus, solid experience in CRM and business negotiation is an essential prerequisite.

Business Development Manager

The BDM will support the sales and marketing efforts and assist in strategic planning including competitive response, target client seminars, trade shows, client visits to HQ, new tool demos, advertising, etc.

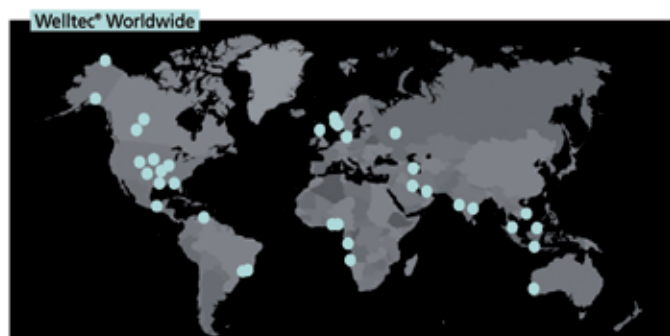
Field Engineer

As a Field Engineer, you will have the responsibility to carry out our services all over Western Siberia, but you must also be willing to travel to the rest of Russia. We expect you to have a degree or HND/HNC in electrical/mechanical engineering, science or equivalent experience.

Qualifications for all positions

Ideally, you have experience from a service company, preferably with a wireline and/or completions background, or will have a technical background enabling quick comprehension of our area of business. We expect you to be self-driven, ambitious and fluent in English and Russian, both spoken and in writing.

You must expect some travelling to other parts of Russia, but you must also expect occasional overseas travelling.



Compensation

Welltec® is offering an attractive compensation package. For further information regarding Welltec® and to apply online, please see our website www.welltec.com If you would like to know more about your possibilities in one of these rewarding positions, please contact HR Consultant Lars Holm at telephone +45 48 14 35 14.

Welltec®

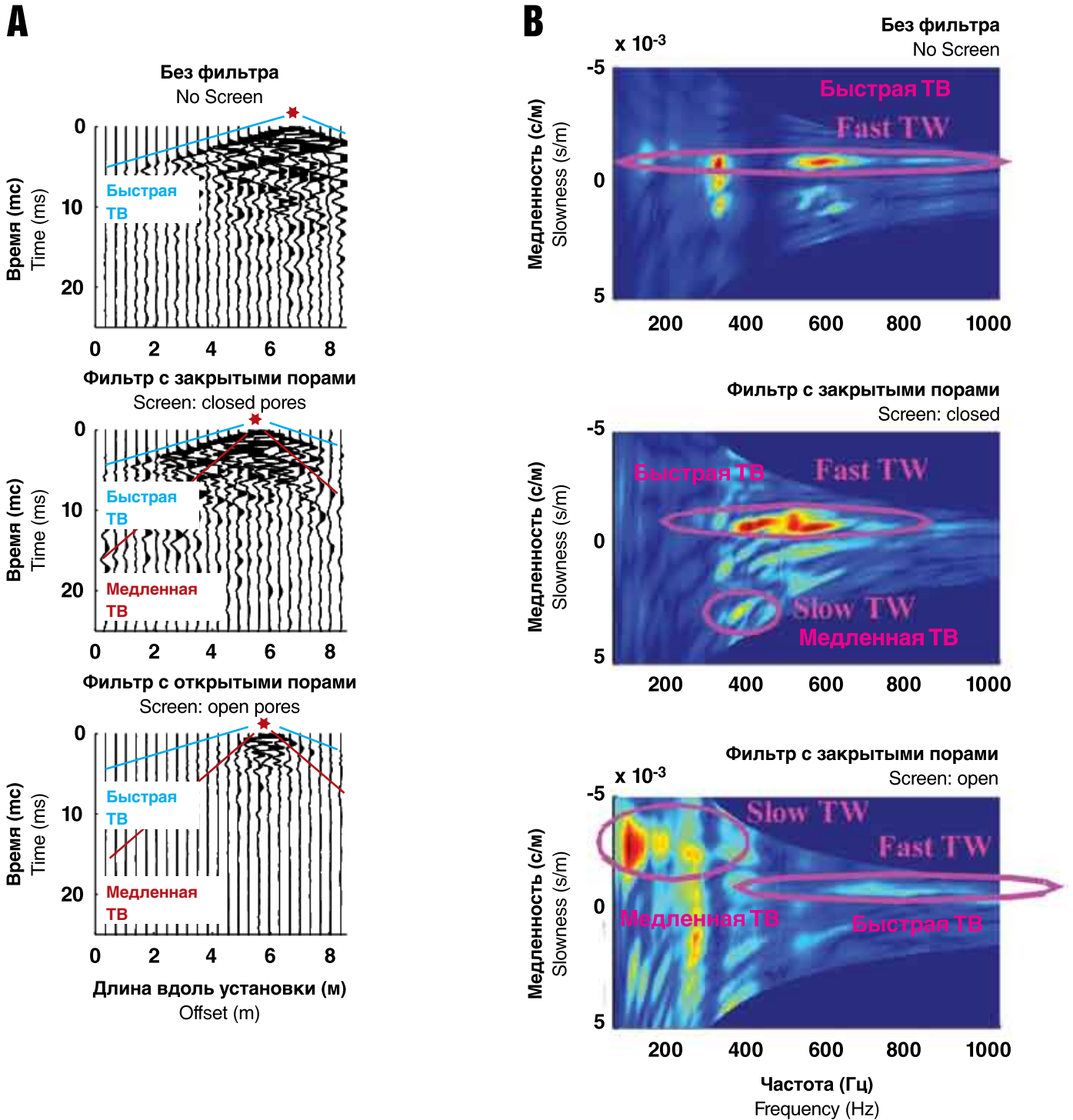


Рисунок 5: Сейсмограммы (а) и изображения зависимости медленности волн от частоты (б), построенные по экспериментальным данным. На изображении «без фильтра» показаны результаты для конфигурации без внутренней трубы; на изображении «фильтр с открытыми порами» - для конфигурации с противопесочным щелевым фильтром, а на изображении «фильтр с закрытыми порами» - для варианта со сплошной трубой (без щелевых прорезей). Следует отметить, что быстрая трубная волна меньше всего затухает при отсутствии фильтра, умеренно затухает в условиях закрытых пор и в значительной степени поглощается при наличии открытых пор.

Figure 5: Seismograms (a) and slowness-frequency displays (b) of experimental data. “No screen” shows traces in the absence of an inner pipe. “Open pores” is for a slotted sand screen, whereas “closed pores” is for a blank pipe (no slots). Note that the fast tube wave is least attenuated in the absence of a screen, attenuated in closed pores and substantially absorbed in open pores.

Комплексное Решение

проблем промывки ствола скважины

Уникальные перепускные системы PBL, обладающие широкими возможностями, помогут вам существенно снизить затраты на бурение, связанные с поглощением бурового раствора и снижением расхода в процессе бурения, заканчивания и капитального ремонта скважин. Данные устройства позволяют операторам проводить эффективную реализацию многочисленных проектов в разных странах мира.

- Двухканальный самозапирающийся циркуляционный переводник PBL компании DSI
- Двухканальный самозапирающийся циркуляционный переводник PBL увеличенного диаметра компании DSI
- Многофункциональный шариковый циркуляционный переводник компании DSI с гидромониторным устройством для противовыбросовых превенторов и водоотделяющих колонн

Вам необходимо увеличить подачу бурового раствора в нижней части бурильной колонны или поднять трубы без сифона? Двухканальный самозапирающийся циркуляционный переводник PBL позволит вам решить эти проблемы



Многочисленные варианты применения перепускных систем компании PBL улучшают и оптимизируют

ПОКАЗАТЕЛИ РАСХОДА И ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ

Адрес электронной почты: Enquiries@dsi-pbl.com

P.O. Box 30576 Dubai United Arab Emirates

Тел.: + 971 4 887 1556

Факс: + 971 4 887 1008

Российская Федерация

Тел.: + 7 912 939 6831

www.dsi-pbl.com



Multiple Activation Bypass System

признаком первого порядка, свидетельствующим о наличии незасоренного («открытого») фильтра, в то время как незначительное затухание волн характеризует его засорение.

Более тщательное диагностирование может быть выполнено путем сравнительного анализа зависимости энергетических спектров от частоты для обоих рассматриваемых вариантов. На рис. 5b показаны диаграммы зависимости медленности (величина, обратная скорости) от частоты. При испытании конфигураций с засоренным и незасоренным («открытым») фильтром, отчетливо прослеживаются как быстрые, так и медленные трубные волны с примерно одинаковыми скоростями (соответственно 1100 м/с и 350 м/с), однако без фильтра медленные волны полностью исчезают. Если при прогонке варианта с засоренным фильтром быстрые волны переносят максимальное количество энергии в диапазоне частот от 300 Гц до 600 Гц, близком к доминантной частоте источника, то волны с более высокими или меньшими частотами являются более слабыми энергоносителями. В противоположность этому, в диапазоне частот от 300 Гц до 600 Гц энергетический спектр быстрой волны при прогонке варианта с «открытым» фильтром отличается наличием большой «энергетической ямы». В этом случае быстрая волна затухает настолько интенсивно, что даже высокие частоты (600-900 Гц) переносят большее количество энергии. Такая поведенческая закономерность означает, что энергия быстрых волн резко затухает в среднем диапазоне частот и сохраняется в диапазоне высоких частот.

Сравним результаты лабораторных испытаний с данными расчетного моделирования в слоистой цилиндрической модели рассчитанных матричным методом. На рис. 6 показаны расчетные сейсмограммы для конфигурации с наружной трубой из стекловолокна. Противопесочный фильтр моделируется как упругий цилиндр. Как и в результате экспериментов с закрытыми порами, наблюдались два вида трубных волн, при этом быстрая трубная волна доминировала по величине амплитуды. При наличии фильтра с открытыми щелевыми прорезями характеристики обоих видов волн претерпевали значительные изменения. Быстрая трубная волна умеренно затухала и меняла форму колебаний. Медленная трубная волна преобразовывалась в сложный низкоамплитудный волновой пакет. Результаты моделирования можно с физической точки зрения интерпретировать следующим образом. Трубная волна формируется в условиях, когда возвратно-поступательное движение находящегося внутри трубы флюида вызывает радиальное

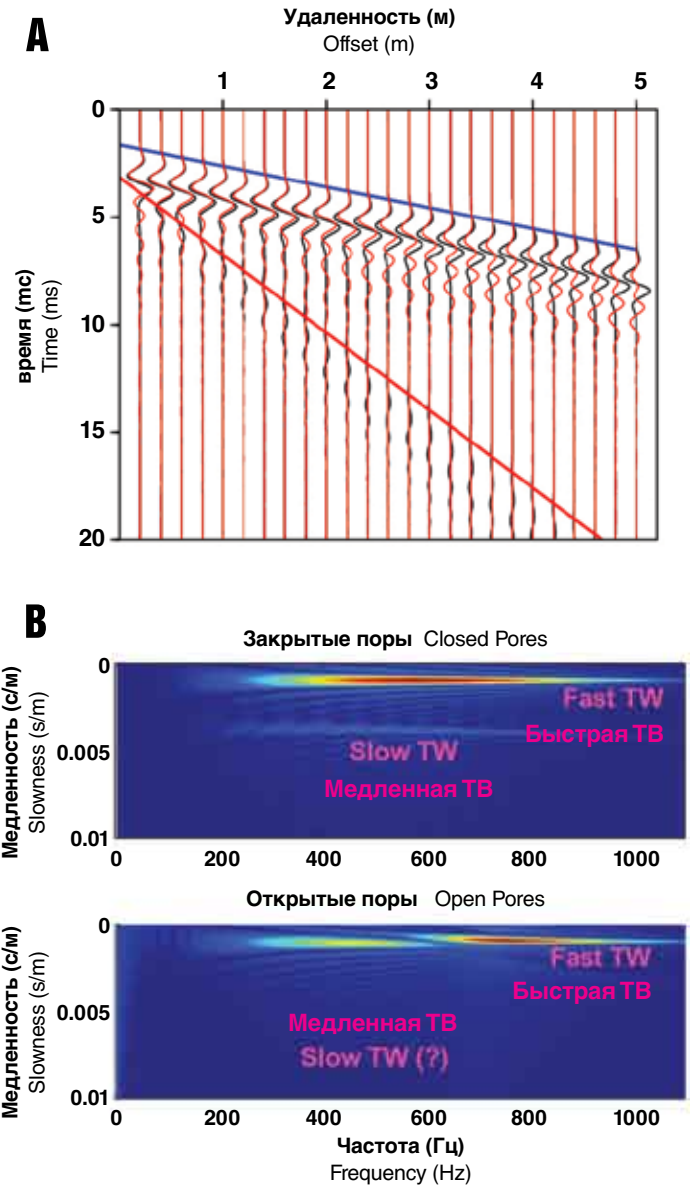


Рисунок 6: Расчетные данные моделирования открытых и закрытых пор для варианта с наружной стеклянной трубой. (а) Оверлей сейсмограмм давления для открытых (красные) и закрытых (черные) пор, показывающий, что быстрая трубная волна при наличии проницаемого фильтра затухает и рассеивается. Голубые и красные линии обозначают скорости пробега отраженных быстрых (1030 м/с) и медленных (280 м/с) трубных волн. (б) Спектры зависимости медленности от частоты.
Figure 6: Synthetic data computed for open and closed pores in the glass setup. (a) Overlay of pressure seismograms for open (red) and closed (black) pores showing that the fast tube wave in a permeable screen experiences attenuation and dispersion. Blue and red lines denote moveout velocities of the fast (1030 m/s) and the slow (280 m/s) tube waves. (b) Slowness-frequency spectrums.

расширение трубы, встречающее сопротивление ее упругой стенки. Медленная волна преимущественно генерируется внутренней трубой. Если эта труба имеет щелевые прорезы, сопротивление радиальному движению флюида прекращается, так как жидкость может свободно перетекать в кольцевое межтрубное пространство, что вызывает интенсивное затухание медленной волны. В противоположность этому, быстрая волна преимущественно поддерживается наружной сплошной трубой из стекла. Кроме того, если внутренняя труба становится проницаемой, то жидкость в возвратно-поступательном режиме движения, формирующего быструю волну, может перетекать в оба направления между наружным и внутренним столбами флюидов и этим самым вызывает затухание умеренной интенсивности.

Как показывает спектр зависимости медленности от частоты, полученный при расчете варианта с открытыми порами (рис. 6b), быстрая волна претерпевает anomalously интенсивное затухание в среднем диапазоне частот от 350 Гц до 700 Гц, что согласуется с результатами экспериментов. На рис. 7 отображена более четкая картина усредненных характеристик волн малого, среднего и высокого диапазона частот. Сравнение рис. 7a и рис. 7b подтверждает качественную

fluid is no longer resisted since liquid can freely escape to the annulus, thus leading to a strong attenuation of this wave. In contrast, the fast wave is supported mainly by the outer glass solid pipe. In addition, when the inner pipe becomes permeable, a piston-like motion of the fluid in the fast wave can exchange the fluid between the outer and the inner fluid columns, thus creating a moderate attenuation.

The slowness-frequency spectra for open pores (Figure 6b) shows that, similar to the experimental results, the fast wave experiences anomalously high attenuation in the medium frequency range of 350-700 Hz. A more robust display averaging over small, medium and high frequencies is shown on Figure 7. A comparison of Figure 7a and 7b confirms the qualitative agreement between experiment and modeling. In both cases, the fast wave exhibits anomalous amplitude decrease in the medium frequency range, while still preserving higher and lower frequencies. This amplitude decrease should be attributed to anomalous attenuation caused by fluid movement through the slotted porous screen. The frequency range with resonance attenuation is controlled by permeability, i.e., the lower the permeability, the higher the frequency of the band with anomalous attenuation of the fast wave. Therefore, central frequency of the band with anomalous attenuation of the fast tube wave is an additional useful diagnostic of the screen permeability.

Специалисты по Защите от Падений

capital
SAFETY

Проверено на практике. Утверждено к использованию для обеспечения безопасности работ.

Компания Capital Safety, всемирный лидер в области изготовления средств защиты от падений, предлагает специальные устройства, предназначенные для использования в нефтегазовой отрасли: от предприятий разведки и добычи (буровые установки, суда обеспечения, платформы и т. д.) до сектора переработки и сбыта продукции (транспортировка, переработка). Предлагая свою продукцию под наиболее известными торговыми марками DBI-SALA и Protecta, компания Capital Safety уже более 50 лет занимает передовые позиции в сфере инновационных решений по защите от падений, позволяющих обеспечить безопасность персонала и уверенность работодателей в том, что они предоставляют своим сотрудникам самые лучшие средства защиты.

Широкий перечень курсов подготовки • Помощь в решении технических вопросов • Обслуживание заказчиков и ремонт аппаратов

Capital Safety Group EMEA

Тел. : +33 (0)4 97 10 00 10 • Факс : +33 (0)4 93 08 79 70
www.capitalsafety.com • oilandgas@capitalsafety.com



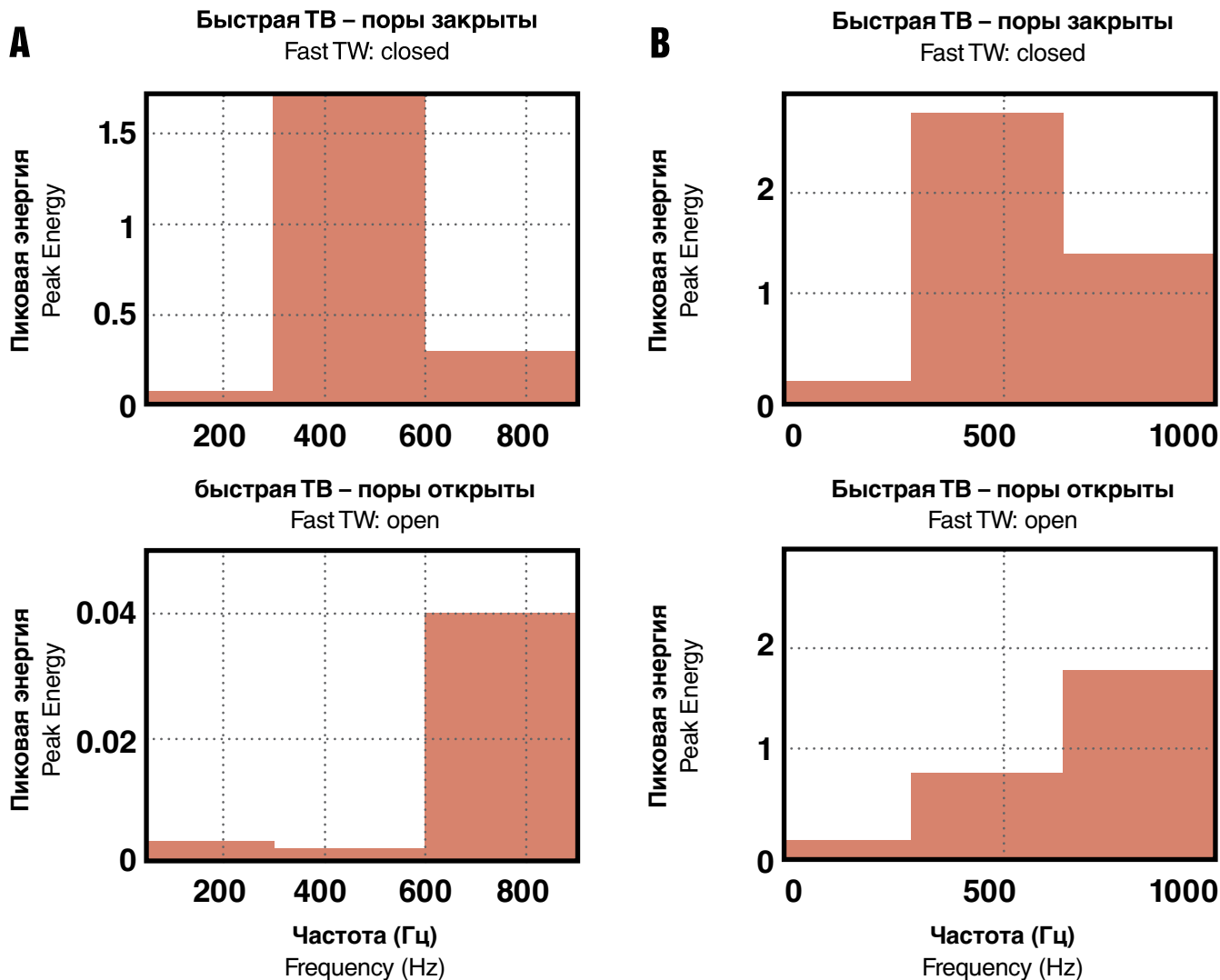


Рисунок 7: Данные экспериментов (а) и расчетов (б) распределения энергии быстрой трубной волны. Следует обратить внимание на anomalously высокую интенсивность затухания в «среднем» диапазоне частот (~300-700 Гц) из-за проницаемости фильтра.

Figure 7: Experimental (a) and modeled (b) distribution of energy of the fast tube wave. Note anomalously high attenuation in the “medium” (~300-700 Hz) frequency range due to permeability of the screen.

согласованность результатов экспериментальных испытаний и расчетного моделирования. В обоих случаях быстрая волна характеризуется anomalously резким снижением амплитуды в среднем диапазоне частот, одновременно сохраняя ее в высоком и низком диапазонах. Такое снижение амплитуды должно быть обусловлено anomalously интенсивным затуханием, вызванным прохождением флюида через щелевой «пористый» фильтр. Диапазон частот с резонансным затуханием зависит от проницаемости фильтра, т.е. чем ниже проницаемость, тем выше частота полосы с anomalously интенсивным затуханием быстрой волны. Таким образом, диапазон центральной частотной области полосы с anomalously интенсивным затуханием быстрой волны является еще одним полезным диагностическим признаком для оценки проницаемости противопесочного фильтра.

Conclusions

We propose a new non-intrusive real-time technique that monitors changes in permeability along sand-screened completions utilising acoustic signals in the fluid column. We presented a full-scale laboratory test verifying the method for a scenario where impairment is caused by sand-screen plugging in a completion without a gravel pack. We observe two tube waves supported by the screen and casing. Simple inspection of the raw data allows identification of plugged and open sections of the screen; plugged sections give a large signal, whereas open sections have a low signal (increased attenuation of both fast and slow tube waves). We further compared experimental results with simple poroelastic modeling and found a qualitative agreement between experimentally measured and predicted signatures.

TRICAN

WELL SERVICE LTD.

NEWCO

WELL SERVICE



НЬЮКО ВЕЛЛ СЕРВИС

Предоставляет инновационные инженерные решения для увеличения продуктивности нефтегазовых скважин.

- Гидроразрыв пласта
- Кислотные ГРП и кислотные обработки
- Освоение скважин азотом
- Услуги ГНКТ
- Цементирование обсадных колонн, РИР

Заказчики Ньюко Велл Сервис – крупнейшие нефтегазодобывающие компании на территории Российской Федерации и Казахстана: ТНК-ВР, Роснефть, Русснефть, Газпромнефть, ЛУКойл, Казмунайгаз и др.

Представительства компании:

Россия:

г. Нижневартовск

ул. Северная 39, строение 34
Тел: (3466) 40-60-85: 47-05-90
Факс: (3466) 47-06-01

г. Москва

1-ый Волоколамский проезд, строение 10/10
Тел: (495) 982-39-43

Республика Казахстан:

г. Кызылорда

4 Укрупненный квартал, дом 1, офис 3
Тел: (3242) 26-16-23
Факс: (3242) 27-77-88

NEWCO WELL SERVICE

Provides innovative engineered solutions to enhance the production of oil & gas well.

- Fracturing
- Acidizing
- Well completion with Nitrogen
- Coil Services
- Primary & Remedial Casing Cementing, Squeezes

Newco's Customers are the largest oil companies of Russia and Kazakhstan: TNK-BP, Rosneft, Russneft, Gazpromneft, LUKoil, Kazmunaigaz and others.

Representative Offices:

Russia:

Nizhnevartovsk

Severnaya Street 39, Building 34
Tel: (3466) 40-60-85: 47-05-90
Fax: (3466) 470601

Moscow

1st Volokolamsky Ride, Building 10/10
Tel: (495) 982-39-43

The Republic of Kazakhstan:

Kyzylorda

The 4th Aggregated Block, Building 1, office 3
Tel: (3242) 26-16-23
Fax: (3242) 27-77-88

Выводы

Нами предложен новый «дистанционный» (не требующий механического вмешательства) метод, позволяющий в реальном масштабе времени регистрировать изменения проницаемости в зоне притока эксплуатационного забоя скважин, законченных с применением противопесочных фильтров. Предлагаемый метод основан на измерении характеристик акустических сигналов в столбе скважинного флюида. Представлено описание полномасштабных лабораторных испытаний, результаты которых подтвердили адекватность метода в случае, когда снижение проницаемости, вызван засорением фильтра. При этом гравийная набивка отсутствовала. Проведены наблюдения за двумя видами трубных волн, генерируемыми противопесочным фильтром и обсадной колонной. Простой анализ необработанных данных позволяет выявить засоренные и незасоренные (открытые) участки рабочей поверхности противопесочного фильтра: засоренные участки генерируют сильный сигнал, а незасоренные – слабый (усиленное затухание как быстрых, так и медленных трубных волн). Кроме того, мы сравнили данные экспериментальных испытаний и простых расчетов пороупругой модели, и показали их качественную согласованность результатов экспериментальных испытаний и расчетного моделирования волновых характеристик.

Выражение благодарности

Мы хотели бы поблагодарить наших коллег из компании «Шелл»: Джима Килти (Jim Kielty), Дейва Стюарта (Dave Stewart), Джека Бойлза (Jack Boyles), Кифа Лава (Keith Love) и Кена Уилсона (Ken Wilson) за проделанную огромную работу по созданию экспериментальной установки, а также за помощь, оказанную ими при проведении лабораторных экспериментов.

Acknowledgements

We thank our Shell colleagues Jim Kielty, Dave Stewart, Jack Boyles, Keith Love and Ken Wilson for their hard work in creating the experimental setup and assisting with the laboratory experiment.



Andrey Bakulin

Andrey is a staff research geophysicist at Bellaire Technology Center. After receiving his PHD (1996) in geophysics from St. Petersburg State University in Russia he had a brief academic career as an assistant Professor of geophysics (1997 – 1999). An Industrial career followed with three years at Schlumberger Cambridge Research and six years with Shell Bellaire Technology Center. Andrey developed a rock physics transform between 3D stresses and anisotropic velocities. With Rodney Calvert he pioneered the Virtual Source Method. Andrey received several awards from Society of Exploration Geophysics and 2007 E&P Special Meritorious Awards for Engineering Innovation for Virtual Source technology.



Mikko Jaaskelainen

Mikko is a senior research engineer (optics) at Bellaire Technology Center. He received his Master of Science degree in electrical engineering from Lund University in Sweden 1993. Mikko has 12 years experience in developing fiber-optic systems for telecommunications and sensing in O&G Exploration and Production. The last 5 years have been with Shell working on fiber-optic technology development for downhole sensing applications.



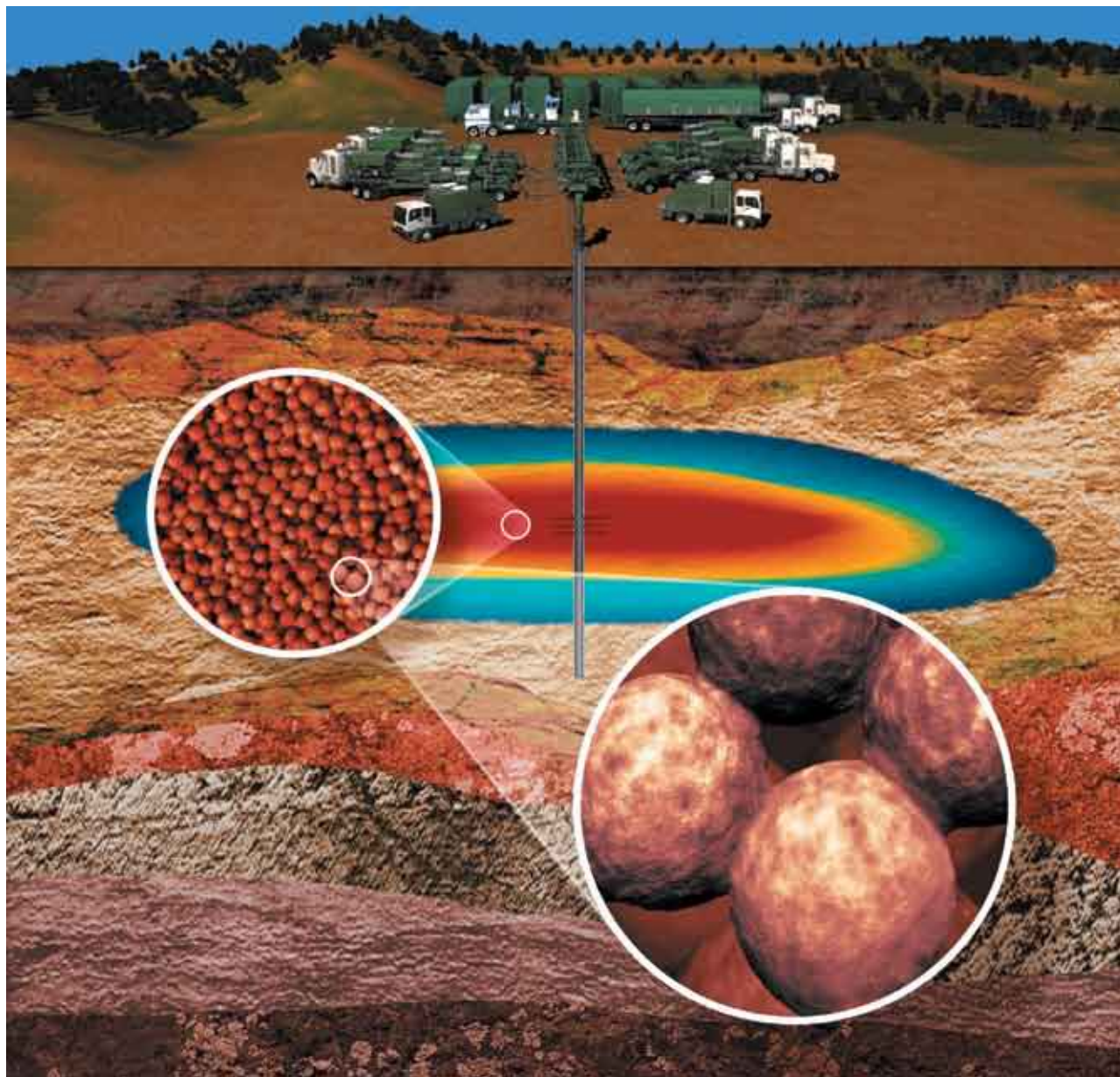
Boris Kashtan

Boris is a Professor of geophysics at St. Petersburg State University in Russia. He received his PhD (1981) and Doctor of Science degree (1987) in geophysics from the same university. Professor Kashtan is a world-leading expert in advanced problems of seismic wave propagation in anisotropic and complex media. Currently he is a head of the Laboratory of Dynamic Elastic Media in the Institute of Physics of the St. Petersburg State University. He is also one of the leaders of St. Petersburg Shell Cluster that performs advanced geophysical studies for Shell.



Alexander Sidorov

Alexander is a researcher at St. Petersburg Shell Cluster in Russia. Alexander received his Master of Science degree in physics from St. Petersburg State University in 2006. He works on a Shell-sponsored project devoted to use of tube waves for downhole reservoir surveillance. His research interest is advanced studies of wave propagation in anisotropic and multilayered cylindrical shells.



Достигая наилучших результатов

Обладая высококвалифицированным персоналом в области стимуляции скважин и повышения нефтеотдачи, Oilfield Technology Group компании Hexion является признанным лидером в области разработки и производства расклинивающего материала для гидроразрывов. Новая серия наших продуктов и услуг поднимает технологию гидроразрыва на новый уровень, помогая Вам достичь наилучших результатов. Hexion является Вашим надежным партнером, обеспечивающим поставку необходимых объемов высококачественного расклинивающего агента, являющегося компонентом для самых передовых технологий. Наша служба технической поддержки всегда готова помочь Вам. Дополнительная информация на сайте OilTG.com

Расклинивающие агенты для ГРП Контроль содержания песка