



ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАЗМЕННО-ИМПУЛЬСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТ

А.Пашенко, А. Игнатов, Новас

PLASMA PULSE TREATMENT TECHNOLOGY

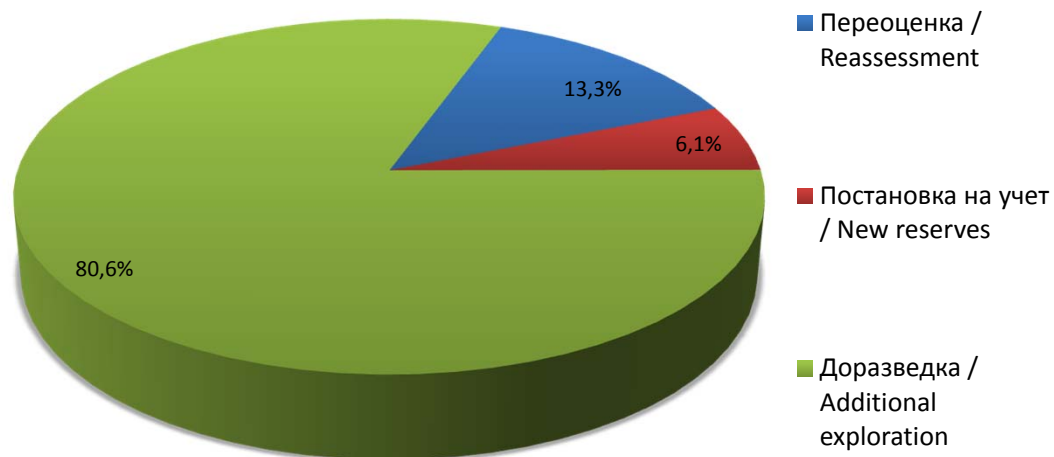
A. Paschenko, A. Ignatov, Novas



1. Введение / Introduction
2. Описание технологии / Technology description
3. Лабораторные исследование / Laboratory research
4. Полевые испытания / Field research
5. Примеры работ / Case studies
6. Заключение / Conclusion

- Компания Новас является разработчиком технологии повышения нефтеотдачи.
- Novas Energy - Developer of Innovative Technology for Enhanced Oil Recovery (EOR).
- Технология запатентована в США, Российской Федерации и других странах. Получено больше 40 патентов
- Technology is patented: in the USA, Russian Federation, other countries. More than 40 patents.
- Обработано более 300 скважин. Эффективность превышает 80%
- More than 300 treated wells. Well treatment efficiency rate exceeds 80%
- С 2015 года является международной компанией с офисами в США, Канаде, Китае и России. Является резидентом фонда Сколково.
- 2015 Novas Energy is an International Company with offices in USA, Canada, China and Russia.

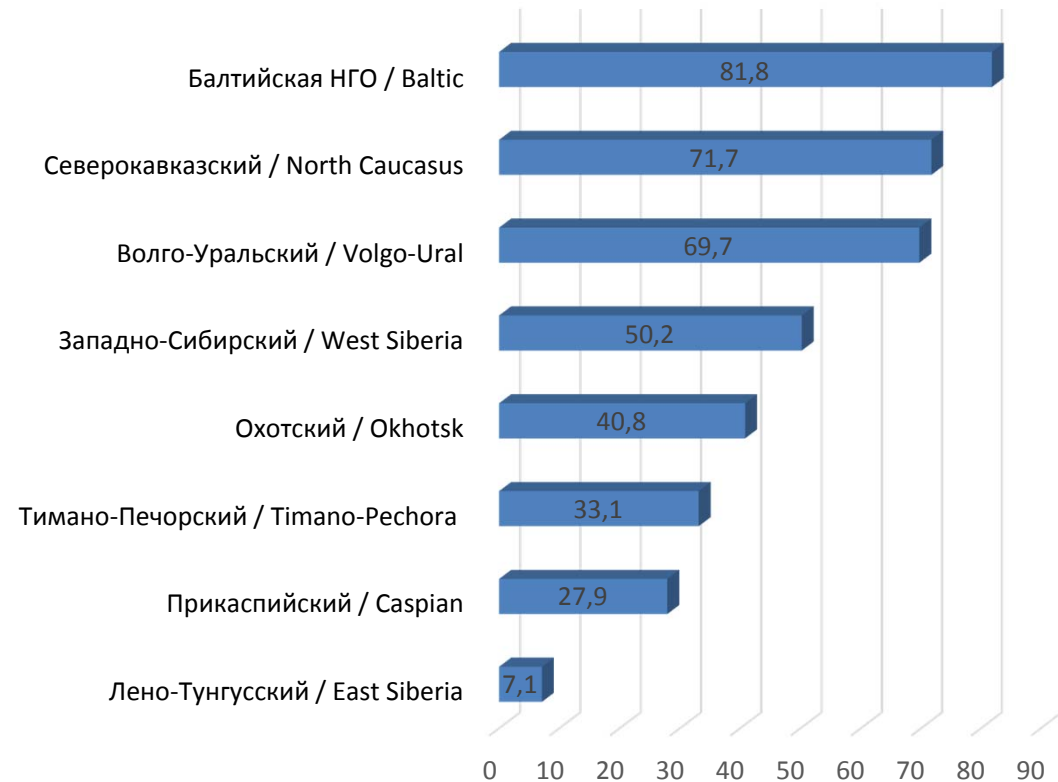
Источники приращения запасов нефти в 2013 году Source of growth reserves in 2013



Источник: Госдоклад о состоянии и использовании МСР РФ в 2013 г.

Source: Government report about condition and uses of mineral resources in 2013

Степень выработанности разведанных запасов нефти, % Degree of depletion oil reserves, %



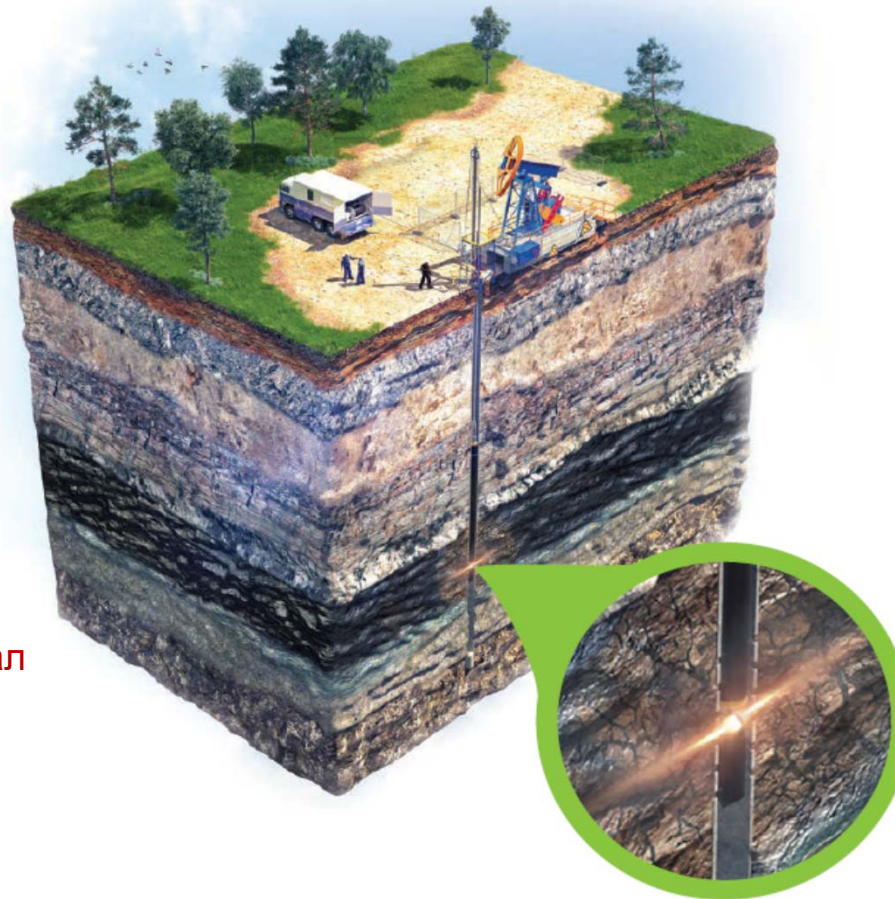
Технология плазменно-импульсного воздействия Plasma pulse treatment technology

Разъем для подключение к
каротажной головке

Connector to
wireline logging head

Плазменный канал

Plasma streamer



$$V_{(pc)} = \frac{K}{\mu(1 - (m\beta_L + \beta_R))}$$

V_{pc} -коэффициент пьезопроводности
 K -проницаемость
 μ -вязкость
 m -пористость
 β_L -коэф. сжимаемости жидкости
 β_R -коэф. сжимаемости породы

$V_{(pc)}$ -piezoconductivity index
 k -permeability
 m -porosity
 μ -viscosity
 β_L -liquid compressibility index
 β_R -rocks compressibility index

Технология плазменно-импульсного воздействия Plasma pulse treatment technology



Излучатель прибора находится в зоне перфорации, электроды замкнуты проводником.

The tool is lowered into the well across the perforation intervals. Electrodes are shorted by conductor.

Технология плазменно-импульсного воздействия Plasma pulse treatment technology



Иницируется взрыв металлического проводника, происходит образование плазмы со скачком уплотнения

Initiation of the metallic conductor explosion which allows the formation of plasma accompanied by a compression wave

Технология плазменно-импульсного воздействия Plasma pulse treatment technology



Возникшая ударная волна через перфорационные каналы проникает в призабойную зону и далее в пласт стимулируя упругие колебания

Through the perforated channels, the initiated shock wave penetrates the drainage area and propagates further on into the stratum inducing elastic vibration

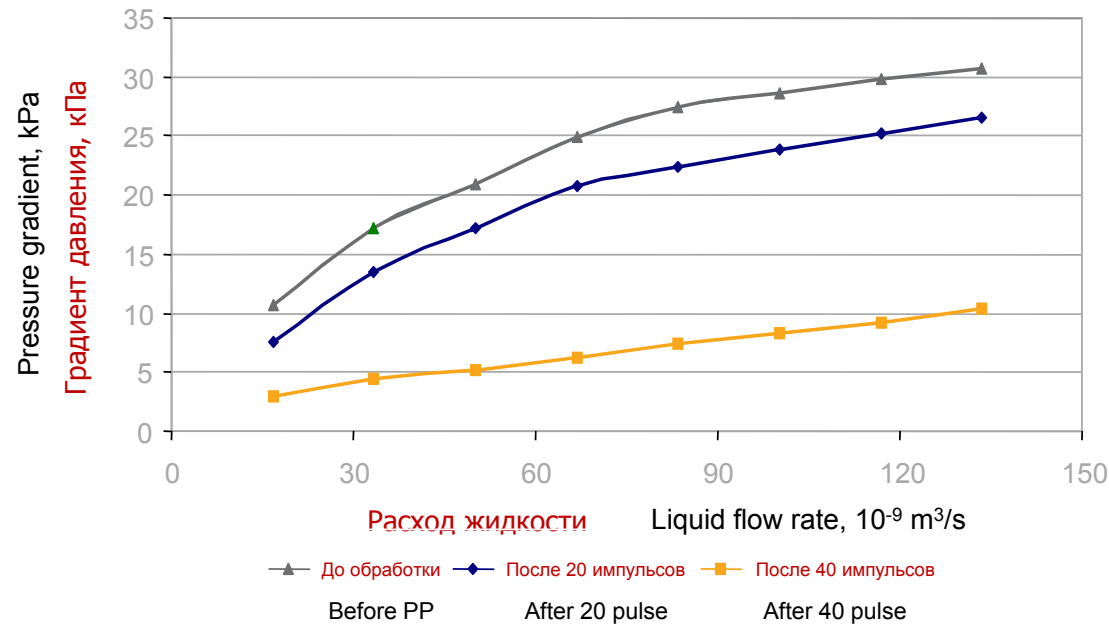
Технология плазменно-импульсного воздействия Plasma pulse treatment technology



Охлаждение и сжатие плазмы приводит к выносу коьматанта в ствол скважины, а ударная волна переходит в объемные упругие колебания

Plasma cooling down, excessive formation pressure forcing the sedimentation to flow into the sump of the well, the shock wave altering into flexible volume oscillations.

Изменение фильтрационных свойств породы Filtration property variation



$$V_{(pc)} = \frac{K}{\mu(1 - (m\beta_L + \beta_R))}$$

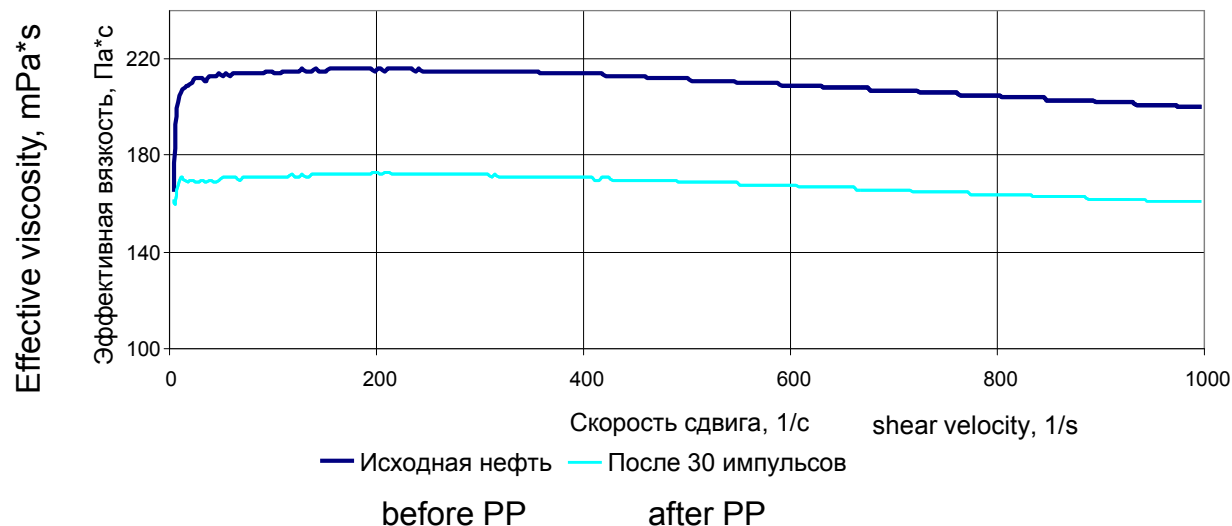


FDES-645

Исследование фильтрационных свойств образца керна (карбонаты Усинского месторождения) при 20 град.С.
Зависимость градиента давления от расхода жидкости

Research of filtration property of sample of core (limestone deposit of Usinskoe Oil Field), t=20°C.
Dependence of pressure gradient and liquid flow rate

Изменение вязкости нефти Oil viscosity variation



Ротационный
вискозиметр Rheotest
RN 4.1

Rotary viscosity machine
Rheotest RN 4.1
(Messgeräte medingen
GmbH)

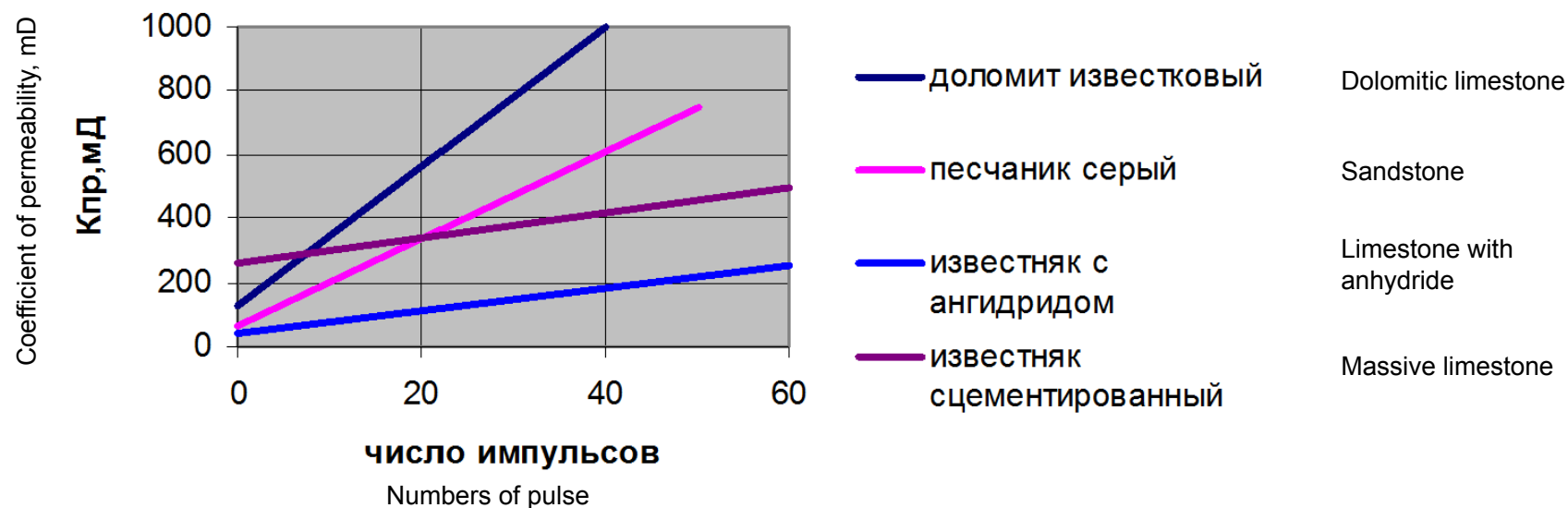
Реологические исследования нефти верхнего карбона Республика Татарстан (динамическая вязкость нефти в пластовых условиях >40 мПа*с)

Rheology research of the oil of top carbon deposit of Republic of Tatarstan (dynamic viscosity in the formation > 40 mPa*s)

$$V_{(pc)} = \frac{K}{\mu(1 - (m\beta_L + \beta_R))}$$

Изменение проницаемости породы от количества импульсов

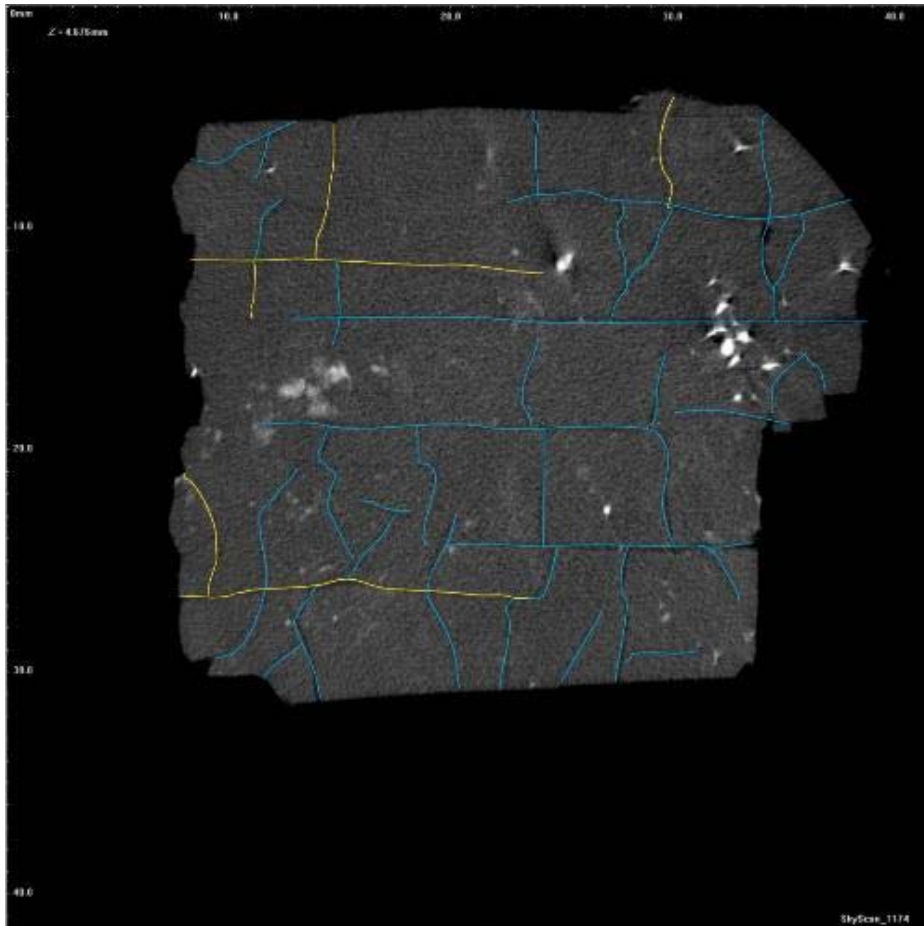
Dependence of characteristics of a core on quantity of pulse



Изменение коэффициента проницаемости различных горных пород
в зависимости от количества импульсов

Coefficient of the rock permeability for fluid and numbers of pulse
(dependence)

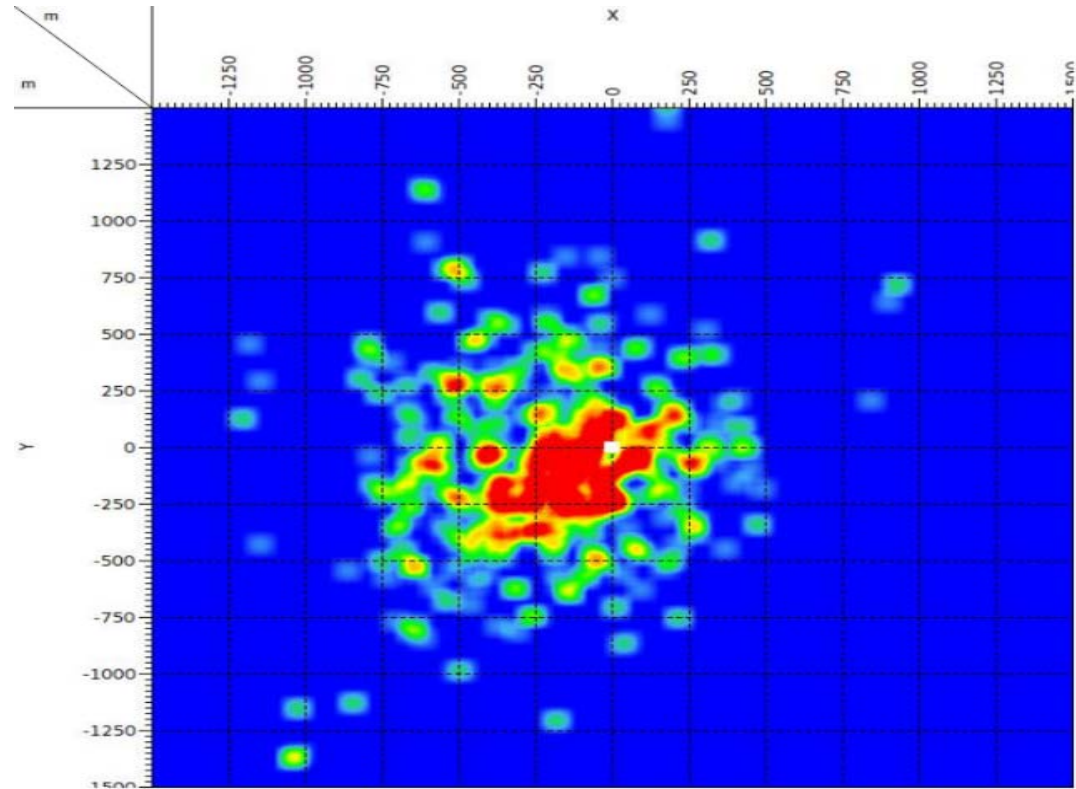
Создание новых микротрещин Creating New Microfissures



Томографический анализ образца породы
(исследование проведено в РГУ нефти и газа).
Микротрещины до обработки выделены
желтым цветом.
Микротрещины после обработки –
голубым цветом.

Tomographic analysis of core sample
(Russian State Oil and Gas University).
Microfractures before treatment - yellow lines.
Microfractures after treatment – blue lines

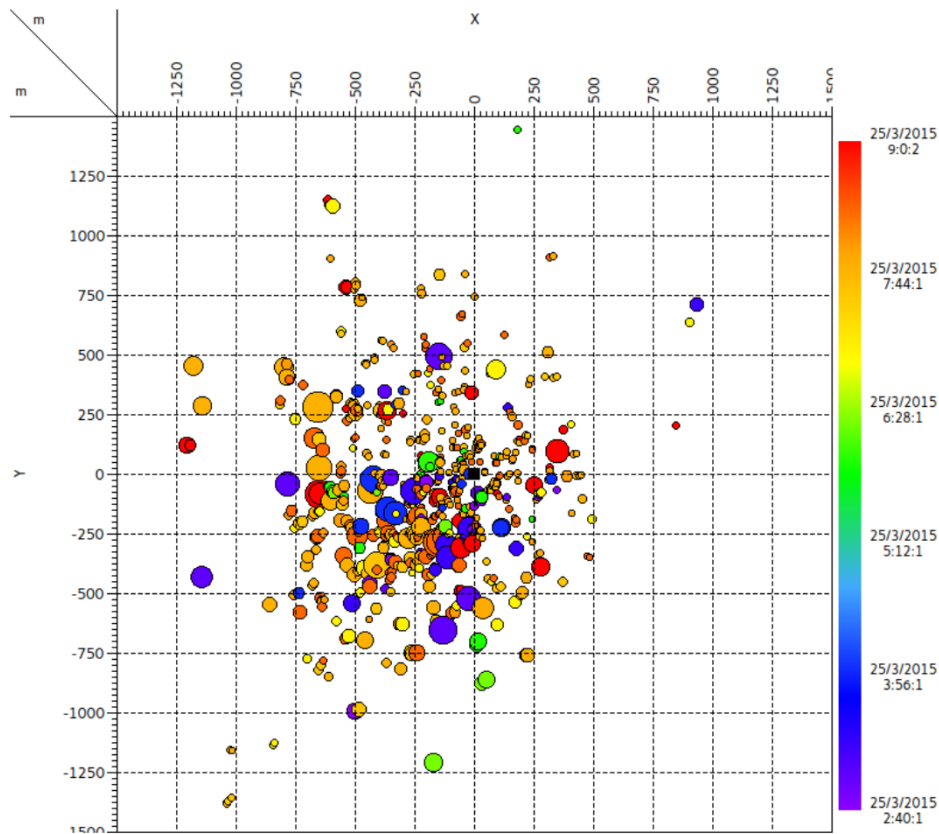
SPE MOSCOW SECTION
SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS



Location of microseismic antenna in regards to wells A1 and A3

Density map of microseismic emission energy in the projection to the surface

Анализ результатов микросейсмического мониторинга Microseismic monitoring research



Карта микросейсмических событий

Map of microseismic events recorded during the monitoring process

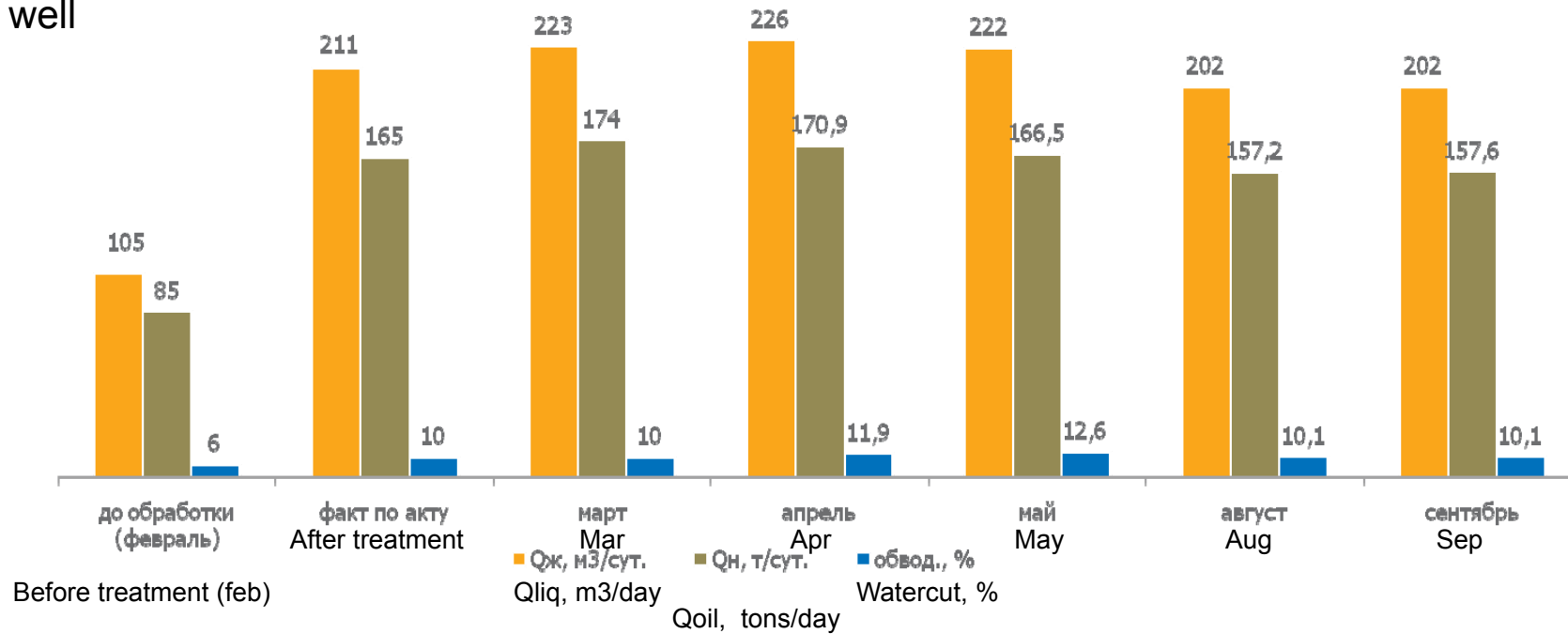
Размеры событий пропорциональны их энергии;
Общее количество зарегистрированных событий
- 703, энергия эмиссии - 3004 кДж;
Энергия максимального сдвигового напряжения -
1950 кДж.

Event size proportional to their energy;
The total number of events is equal to 703, energy
emission - 3004 kJ,
the energy of the maximum shear stress - 1950 kJ

Увеличение дебита добывающей скважины Production rate increasing



- Регион: Россия, Западно-Сихорейское месторождение
- Region: Russia, Zapadno-Sikhoreyskoe oilfield
- Коллектор: карбонатный
- Collector: limestone
- Тип скважины: добывающая
- Production well

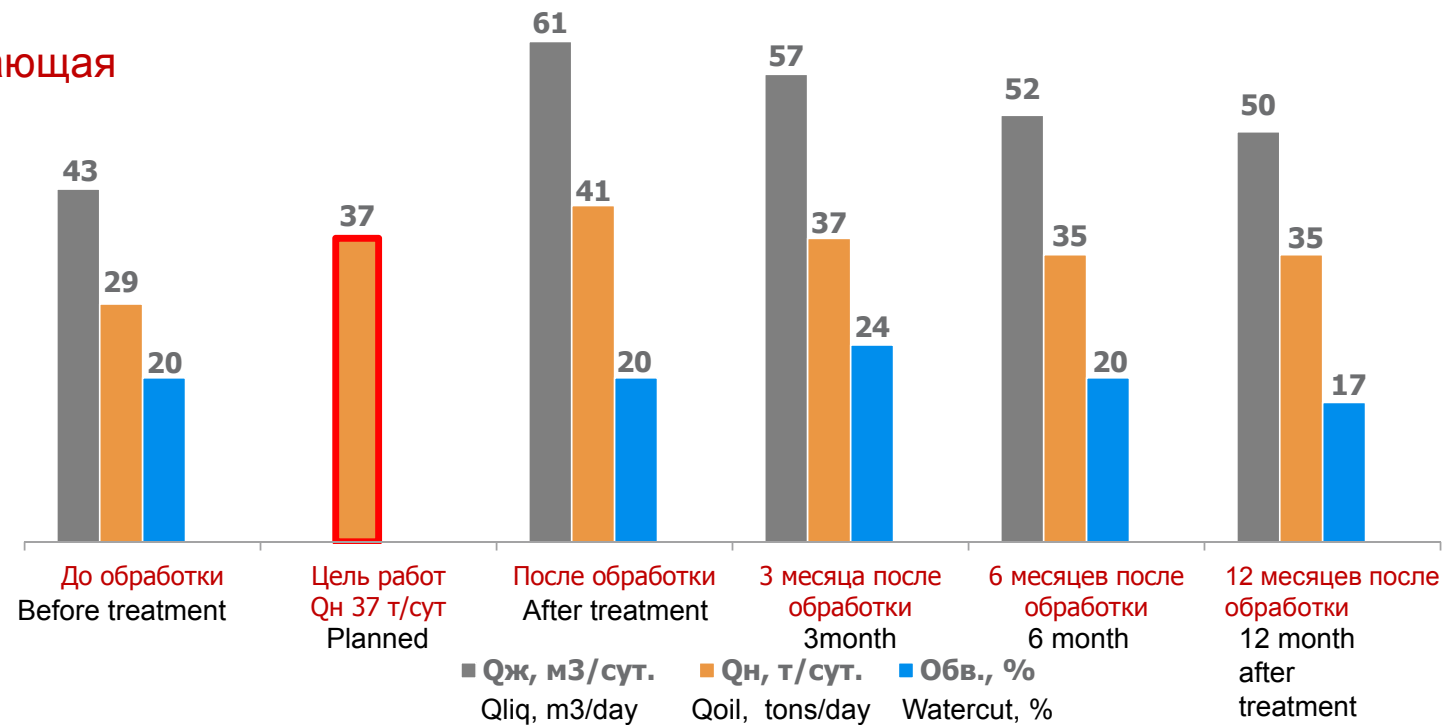


Увеличение дебита добывающей скважины Production rate increasing



- Регион: Россия, Первомайское месторождение
- Region: Russia, Pervomayskoe oilfield
- Коллектор: терригенный
- Collector: sandstone
- Тип скважины: добывающая
- Production well

Объем дополнительно добытой нефти за 6 месяцев составил более 1 700 т.
Additional oil recovery – 1700 tons in 6 month

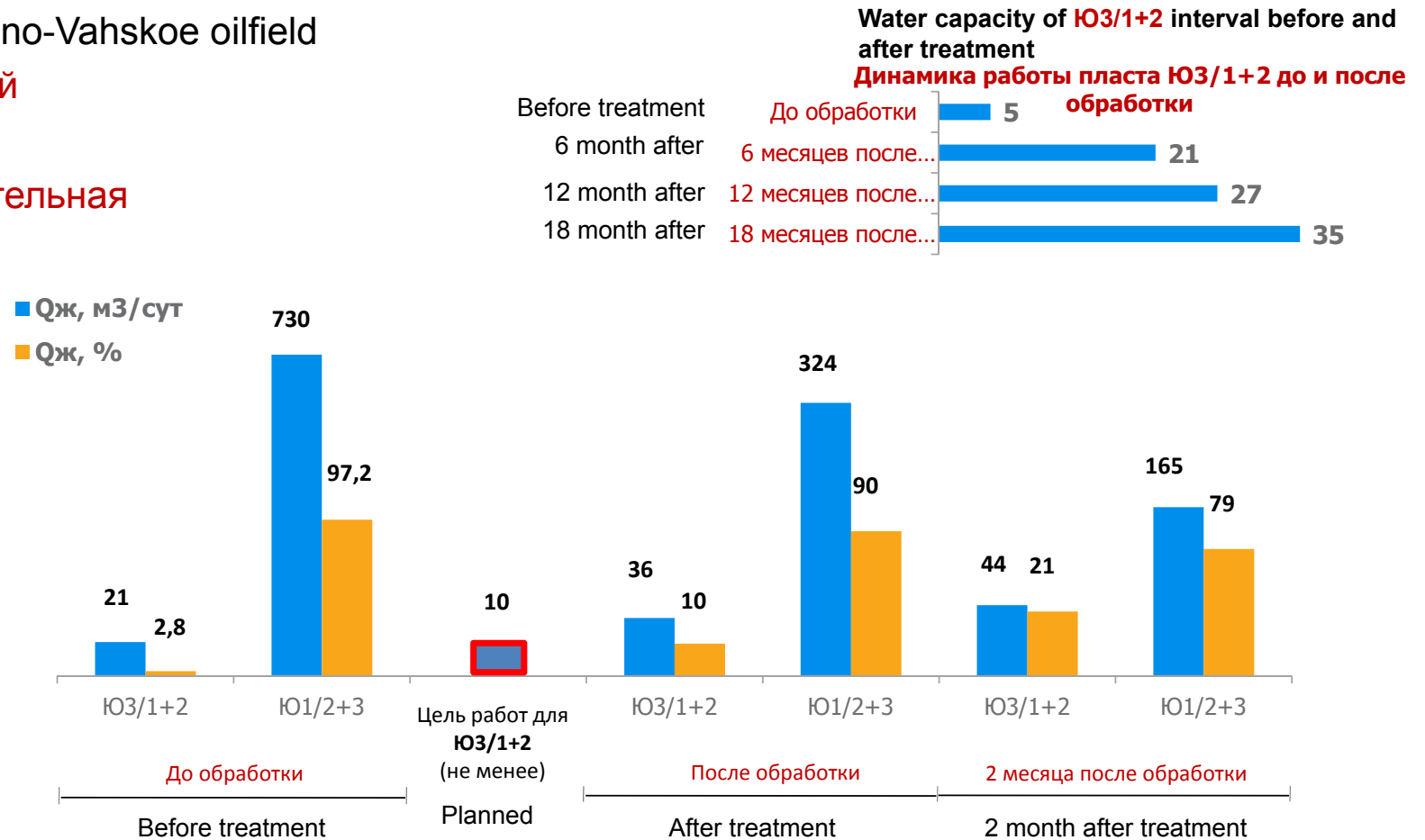


Увеличение приемистости нагнетательной скважины

Injection rate increasing



- Регион: Россия, Восточно-Вахское месторождение
- Region: Russia, Vostochno-Vahskoe oilfield
- Коллектор: терригенный
- Collector: sandstone
- Тип скважины: нагнетательная
- Injection well



Применение технологии в Кувейте Application of PPT in Kuwait (KOC)



SPE-175264-MS

First Application of Plasma Technology in KOC to Improve Well's Productivity

Suresh Kumar Chellappan, and Fatma Al Enezi, Kuwait Oil Company; Hussam A. Marafie, Amro H. Bibi, and Vasily B. Eremenko, Eastern United Petroleum Services

Copyright 2015, Society of Petroleum Engineers

This paper was prepared for presentation at the SPE Kuwait Oil & Gas Show and Conference held in Mishref, Kuwait, 11–14 October 2015.

This paper was selected for presentation by an SPE program committee following review of information contained in an abstract submitted by the author(s). Content of the paper have not been reviewed by the Society of Petroleum Engineers and are subject to correction by the author(s). The material does not necessarily reflect any position of the Society of Petroleum Engineers, its officers, or members. Electronic reproduction, distribution, or storage of any part of this paper without the written consent of the Society of Petroleum Engineers is prohibited. Permission to reproduce in print is restricted to an abstract of not more than 300 words; illustrations may not be copied. The abstract must contain conspicuous acknowledgment of SPE copyright.

Table 1—Production Data : Before and After PPT

Parameter	Expected production parameters before the job was done	Immediately after the job was done & ESP was connected (07.02.2014)	After the well was closed for 17 days and after the first PGOR test was done (03.03.2014)	After the second PGOR test was done (20.03.2014)
Production Rate	800 – 1000 BLPD	1408 BLPD	1279 BLPD	1220 BLPD
Water Cut	60 %	62 %	71 %	78 %
WHP	242 psi	272 psi	284 psi	240 psi
Intake pressure	1500 psi	1968 psi	1972 psi	1968 psi

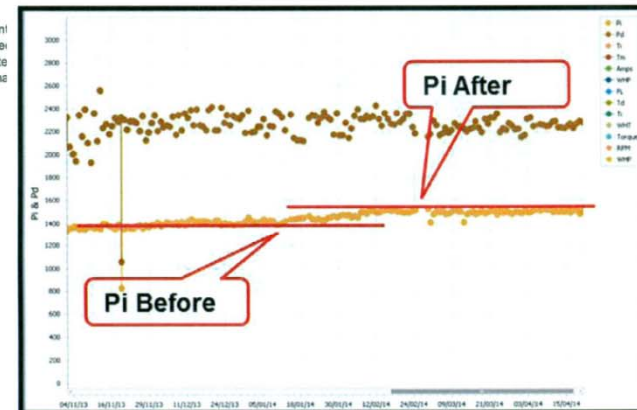


Figure 5—Increase in PIP in Nearby Well RA-000B

Application of PPT in Kuwait (KOC)

SPE-175264-MS

9

Conclusion and Way forward

- Plasma Pulse Technology (PPT) is an environmentally friendly technology that allows producers /injectors to obtain sustained higher productivity/injectivity.
- The tool cleans the perforated intervals and change the wells inflow characteristics by fixing near wellbore damage while increasing the mobility of hydrocarbons within the surrounding reservoir
- Plasma Pulse Technology successfully tested in Kuwait for the first time in well RA-000A.
- The Productivity of the tested well increased from 1.5 to 2.25 bbl/day/psi.
- Plasma Pulse positively impacted the Near by well (~400 m) RA-000B, seen *81 psi increase in pump intake* and 10% reduction in water cut.
- The operation can be carried out very quickly and production impact is seen immediately.
- To apply and prove the effectiveness of the PPT on additional Producer and Injector well candidates
- Rigless stimulation with slim Plasma Pulse tool to be tested and the same to be applied in Horizontal wells.

Статистическая эффективность обработки скважин Wells Treatment Efficiency Statistics



Карбонатные коллекторы – эффективность обработки 87%,

Среднее увеличение дебета после ПИВ – 99%

Works carried out on Carbonate reservoirs (limestone)

The Plasma-Pulse Treatment efficiency – an **87%** success rate

Average increase in the well productivity factor after the PPT – **99%**

Терригенные коллекторы (песчаник) – эффективность обработки 71%,

Среднее увеличение дебета после ПИВ - 110%

Works carried out on Terrigenous reservoirs (sandstone)

The Plasma-Pulse Treatment efficiency – a **71%** success rate

Average increase in the well productivity factor after the PPT – **110%**

Эффективность обработки нагнетательных скважин более 95%

The Plasma-Pulse Treatment efficiency on injection wells more than **95%**
success rate



Технология позволяет значительно увеличить извлекаемость нефти без негативного влияния на окружающую среду

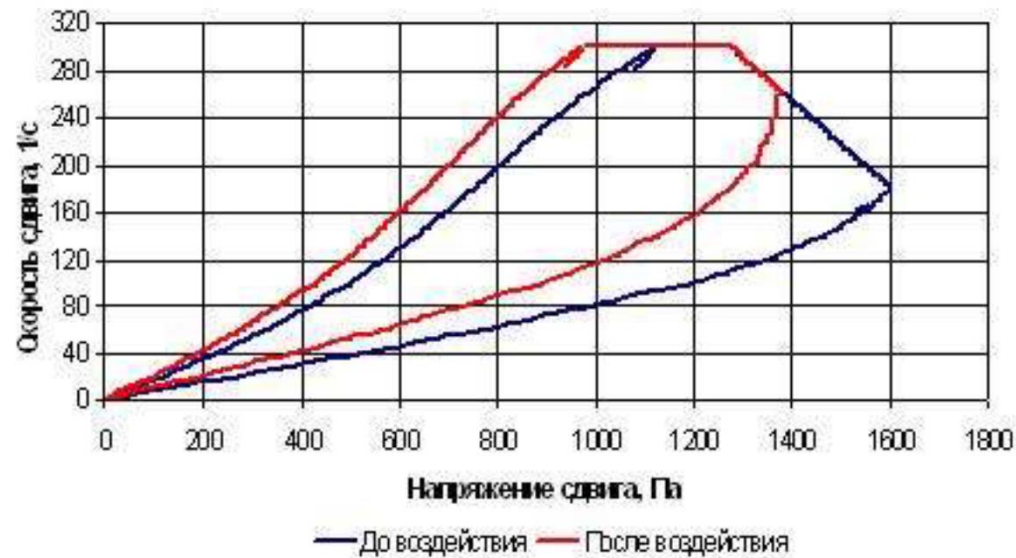
Plasma Pulse Technology allows significantly increase oil recovery rate without negative environmental impact

- Сохранение естественной геологической структуры
- Saves natural geological structure
- Не используются реагенты
- No chemical agents used
- Не используются взрывчатые вещества
- No explosive materials used
- Не разрушает цементное кольцо
- No damage to the cement column



Спасибо за внимание!
Thank you for attention!

Дополнительные слайды Back-up slides



Реологические кривые прямого и обратного хода
(петля гистерезиса) нефти Усинского месторождения
($T=10^{\circ}\text{C}$)
Hysteresis loop of oil from Usinskoe oilfield ($T=10^{\circ}\text{C}$)

Результат обработки скважин в США Wells Treatment Efficiency in US



Region	Before treatment (BOPD)	After treatment (BOPD)	Reservoir	
Штат, р-н проведения работ	До обработки (барр. / сутки)	После обработки (барр. / сутки)	Коллектор	
Kansas, Stafford County	2	40	Арбуклейский пласт	Arbuckle Formation
Oklahoma, Creek County	0	44	Песчаник Рэд Форк	Red Fork Sandstone
Oklahoma, Creek County	5	57	Песчаник Рэд Форк	Red Fork Sandstone
Oklahoma, Creek County	1,5	5,5	Песчаник Рэд Форк	Red Fork Sandstone
Oklahoma, Creek County	1,5	3,5	Песчаник Рэд Форк	Red Fork Sandstone
Kansas, Haysville	2,43	4,8	Известняк Миссисипи	Mississippi Limestone
Kansas, Haysville	0,75	1,7	Известняк Миссисипи	Mississippi Limestone
Louisiana, Shreveport	1	2	Известняк Фредериксберг	Fredericksburg Limestone
Louisiana, Shreveport	0,5	1	Известняк Фредериксберг	Fredericksburg Limestone
Oklahoma, Kay Co	6	18	Известняк Миссисипи	Mississippi Limestone