

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

18-ой международной научно-практической конференции

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА СКВАЖИН. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

23-28 сентября 2023
Сочи, Россия



Краснодар
2023



ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо»

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА
И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА СКВАЖИН.
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ
НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ**

Сборник докладов

18-й Международной научно-практической конференции

г. Сочи, Краснодарский край

18 – 23 сентября 2023 г.

Краснодар

2023

УДК 622.24; 622.276; 622.276.7; 622.279; 622.279.7

ББК 33.131, 33.361; 33.362

Под редакцией: **В.М. Строганова, Д.М. Пономарева, А.М. Строганова**

Современные технологии строительства и капитального ремонта скважин. Перспективные методы увеличения нефтеотдачи пластов: Сб. докл. 18-й Международной научно-практической конференции. г. Сочи, Краснодарский край, 2023 г. / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо» – Краснодар: ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2023. – 116 с.: ил.

ISBN 978-5-905924-42-2



«Research-and-Production firm «Nitpo» LLC

**MODERN TECHNOLOGIES OF CONSTRUCTION
AND OVERHAUL OF WELLS. PROMISING METHODS
FOR INCREASING OILRECOVERY OF FORMATIONS**

The collection of reports of the
18th International scientific-and-practical conference
Sochi, Krasnodar region
18 – 23 September 2023

Krasnodar

2023

UDK 622.24; 622.276; 622.276.7; 622.279; 622.279.7

BBK 33.131, 33.361; 33.362

Editorial Committee: **V.M. Stroganov, D.M. Ponomarev, A.M. Stroganov**

Modern technologies of construction and overhaul of wells. Promising methods for increasing oil recovery of formations: The collection of reports of the 18th International scientific-and-practical conference. Sochi, Krasnodar region, 2023 / «Research-and-Production firm «Nitpo» LLC, – Krasnodar: «Research-and-Production firm «Nitpo» LLC, 2023. – 116 sheets.:fig.

ISBN 978-5-905924-42-2

СО Д Е Р Ж А Н И Е	стр.
<p>ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЮ СКВАЖИН: ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ ИЛИ ПЕРЕЖИТОК ПРОШЛОГО</p> <p>В.В. Калинин (АО «ВолгоградНИПИнефть»)</p>	15
<p>РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛА ПРОГРАММЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ И АВАРИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН (ИС ПОАС)</p> <p>А.Д. Черников (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина) Архипов А.И. (ИПНГ РАН) Ерёмин Н.А. (ИПНГ РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)</p>	19
<p>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СУВЕРЕНИТЕТ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ</p> <p>А.М. Киреев (ООО «Югсон-Сервис»)</p>	26
<p>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ ПРИ ПЕРВИЧНОМ И ВТОРИЧНОМ ВСКРЫТИИ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ» В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ), СПОСОБОВ ЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ</p> <p>В.Н. Жернаков (Тюменское отделение «СургутНИПИнефть» ПАО «Сургутнефтегаз»)</p>	32
<p>ПОДБОР ИЗОЛЯЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОГЛОЩЕНИЙ С ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ В ТРЕЩИНОВАТЫХ ПОРОДАХ</p> <p>Л.П. Комкова, О.И. Валиева, Т.Р. Мардаганиев, В.В. Ядрин, Е.А. Левченко, Б.М. Габбасов, А.В. Рахимова (ООО «РН-БашНИПИнефть») А.А. Горбунова (ООО «Башнефть-Добыча»)</p>	41
<p>ВТОРИЧНОЕ ЗАКАНЧИВАНИЕ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН ШЕЛЬФА С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОНОМНЫХ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ПРИТОКА</p> <p>Е.В. Пунтус, Б.Н. Власов (ООО «НПК «Фильтр»)</p>	46
<p>КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПОДБОРУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ВСКРЫТИЯ КОЛЛЕКТОРОВ</p> <p>О.И. Валиева, Л.П. Комкова, А.Р. Туриянов, А.Р. Субхангулов, Р.Р. Загиров, А.В. Рахимова, А.О. Ширская, Б.М. Габбасов, Е.А. Левченко, А.К. Макатров (ООО «РН-БашНИПИнефть») А.А. Горбунова (ООО «Башнефть-Добыча»)</p>	52
<p>РАЗРАБОТКА ЕДИНОГО ПОДХОДА К ПОСТАНОВКЕ ЭКСПЕРЕМЕНТОВ В ТАМПОНАЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ</p> <p>А.К. Хациди, Т.А. Хациди (АО «ВолгоградНИПИнефть»)</p>	57
<p>ОПТИМИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ К УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫМ СВОЙСТВАМ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАКОЛОННЫХ ПЕРЕТОКОВ</p> <p>А.Р. Салихов, З.И. Ахметова, Т.Р. Мардаганиев (ООО «РН-БашНИПИнефть»)</p>	60

ВЫСОКОПЛОТНЫЕ РАСТВОРЫ, ЗАГУЩЕННЫЕ ВЯЗКОУПРУГИМИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ПРОИЗВОДСТВА АО «ПОЛИЭКС», ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ГЛУШЕНИИ СКВАЖИН В ОСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ В.А. Третьяков, Ю.А. Третьякова, А.С. Кобяков, Н.В. Бабкина, Н.В. Кузина, Н.Н. Скрипка (АО «Полиэкс»)	65
ТЕХНОЛОГИИ ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКА В КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ В.А. Шайдуллин, В.Ю. Никулин, Д.О. Логинов (ООО «РН-БашНИПИнефть»)	70
ПОДБОР НА НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВПП НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН ПУТЕМ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ИХ ПОТЕНЦИАЛА А.Н. Куликов, М.А. Силин, Р.А. Хабибуллин (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)	76
ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН В ЗОНЕ ЗАЛЕГАНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД Д.Г. Антониади, Г.Г. Гиладев, В.В. Климов, С.В. Усов (ФГБОУ ВО «КубГТУ»)	86
ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА КОМПАНИИ «ЗИРАКС-НЕФТЕСЕРВИС» С.А. Демахин, В.Л. Етеревсков (ООО «Зиракс-Нефтесервис»)	90
ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ПРОФИЛЯ ПРИЕМИСТОСТИ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН Р.Р. Субханкулов, А.П. Терещенко (ГК «Миррико»)	95
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРП ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИАКРИЛАТНЫХ СИСТЕМ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ «ГАЗПРОМ НЕФТИ» И.Г. Файзуллин (ПАО «Газпром нефть») Р.Н. Хасаншин (ООО «Газпромнефть НТЦ»)	98
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВТОРИЧНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА Д.И. Зайцев, Н.А. Еремин (ФГБУН «Институт проблем нефти и газа Российской академии наук») П.Г. Агеев (ООО «Новас»)	104
МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРА И ИНТЕГРАЦИЯ ВНУТРИФИРМЕННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ И РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ВУЗОВ И.А. Чукмаров (ФГАОУ «Казанский (Приволжский) федеральный университет»)	110

C O N T E N T S	p.
<p><i>Expert Evaluation of Well Construction and Reconstruction Design Documentation: Industrial Necessity or a Relic of the Past</i> V.V. Kalinin, (JSC «VolgogradNIPIneft»)</p>	15
<p><i>Expanding the Functionality of the Program for the Intelligent System for Preventing Complications and Accidents During Well Construction (IS PCAW)</i> A.D. Chernikov (Gubkin University) A.I. Arkhipov (IPNG RAS) N.A. Eremin (IPNG RAS, Gubkin University)</p>	19
<p><i>Technological Sovereignty in the Oil and Gas Industry</i> A.M. Kireev (Yugson-Service LLC)</p>	26
<p><i>Study of Emulsification During the Primary and Secondary Opening of Terrigenous Deposits (Using the Example of the Field of PJSC «Surgutneftegas» in Eastern Siberia), Methods for its Prevention and Elimination</i> V.N. Zhernakov (Tyumen branch of «SurgutNIPIneft» PJSC «Surgutneftegaz»)</p>	32
<p><i>Selection of Insulation Technologies for Elimination of High Intensity Loss in Fractured Rocks</i> L.P. Komkova, O.I. Valieva, T.R. Mardaganiev, V.V. Yadrin, E.A. Levchenko, B.M. Gabbasov, A.V. Rahimova (RN-BashNIPIneft LLC) A.A. Gorbunova (Bashneft-Dobicha LLC)</p>	41
<p><i>Secondary Completion of the Shelf Oil Wells with Application of Autonomous Inflow Control Valves</i> E.V. Puntus, B.N. Vlasov (LLC «NPK «Filtr»)</p>	46
<p><i>An Integrated Approach to the Selection of Process Fluids Used for Opening Collectors</i> O.I. Valieva, L.P. Komkova, A.R. Turiyanov, A.R. Subhangulov, R.R. Zagirov, A.V. Rahimova, A.O. Shirskaya, B.M. Gabbasov, E.A. Levchenko, A.K. Makatrov (LLC «RN-BashNIPIneft ») A.A. Gorbunova (LLC «Bashneft-Dobycha»)</p>	52
<p><i>Development of a Unified Approach to Setting Up Experiments in Grouting Laboratories</i> A.K. Khatsidi, T.A. Khatsidi (JSC «VolgogradNIPIneft»)</p>	57
<p><i>Improvement of Requirements for Stress-Strained Properties of Cement Brick to Minimize Risks of Wellbore Leakage</i> A.R. Salikhov, Z.I. Akhmetova, T.R. Mardaganiev (RN-BashNIPIneft, LLC)</p>	60
<p><i>High-Density Solutions Thickened with Viscoelastic Surfactants Produced by JSC Polyex for Use in Well-Killing in Complicated Conditions</i> V.A. Tretiakov, I.A. Tretiakova, A.S. Kobayakov, N.V. Babkina, N.V. Kuzina, N.N. Skripka (JSC «Polyex»)</p>	65

<p><i>Water Control Technologies in Carbonate Reservoirs</i> V.A. Shaidullin, V.Y. Nikulin, D.O. Loginov (RN-BashNIPIneft LLC)</p>	70
<p><i>Selection of Promising Sites for the Oil Deposits for the Modify Injection Profiles Ofinjection Wells by a Comparative Assessment of their Potentials</i> A.N. Kulikov, M.A. Silin, R.A. Khabibullin (Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NIU))</p>	76
<p><i>Complications During the Operation of Oil and Gas Wells in the Permafrost Zone</i> D.G. Antoniadi, G.G. Gilaev, V.V. Klimov, S.V. Usov (KubSTU)</p>	86
<p><i>Stimulation Technologies in Oil and Gas Reservoirs From Company Zirax-Nefteservice</i> S.A. Demakhin, V.L. Etereyskov (Zirax-Nefteservice LLC)</p>	90
<p><i>Innovative Technology of Injection Well Conformance Control</i> R.R. Subkhankulov, A.P. Tereshenko (Mirrico Group of Companies, Kazan)</p>	95
<p><i>Ways to Increase the Efficiency of Hydraulic Fracturing Through the Use of Polyacrylate Systems at Gazprom Neft Fields</i> I.G. Fayzullin (PJSC Gazprom Neft) R.N. Khasanshin (LLC Gazprom Neft Scientific and Technical Center)</p>	98
<p><i>An Environmentally Friendly Technology of Secondary Hydraulic Fracturing</i> D.I. Zaytsev, N.A. Eremin (Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences) P.G. Ageev (LLC «Novas»)</p>	104
<p><i>Model for Training Modern Engineers and Integration into the Intra-corporate Personnel Assessment and Development System of Oil and Gas Enterprises and Universities</i> I.A. Chukmarov (Kazan (Volga region) Federal University)</p>	110

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВТОРИЧНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА

Д.И. Зайцев, Н.А. Еремин (ФГБУН «Институт проблем нефти и газа Российской академии наук»)
П.Г. Агеев (ООО «Новас»)

An Environmentally Friendly Technology of Secondary Hydraulic Fracturing

*D.I. Zaytsev, N.A. Eremin (Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences)
P.G. Ageev (LLC «Novas»)*



Зайцев Д.И.

В данной работе представлены актуальные исследования и приведены результаты практического применения экологически чистой технологии вторичного гидравлического разрыва пласта – плазменно-импульсного воздействия на пласт. Обосновывается важность применения данного метода для интенсификации нефтедобычи, борьбы с отложениями на стенках скважины и повышения коэффициента нефтеотдачи месторождений, путем извлечения неразработанных целиков нефти. Рассмотрены плюсы и минусы плазменно-импульсного воздействия по сравнению с традиционными технологиями интенсификации добычи нефти. Описываются лабораторные экспериментальные работы, проведенные в России, Китае и США. Приводятся результаты применения на нефтяных и угольных месторождениях России и Китая.

Ключевые слова: вторичный гидравлический разрыв пласта, параметрический резонанс, плазменно-импульсное воздействие, улучшение коллекторских свойств.



Еремин Н.А.

This paper presents current research and results of practical application of environmentally friendly technology of secondary hydraulic fracturing – plasma-pulse impact on the formation. The importance of using this method for the intensification of oil production, combating deposits on the walls of the well and increasing the oil recovery coefficient of deposits by extracting undeveloped bypassed oil is substantiated. The pros and cons of plasma pulse action compared with traditional technologies of oil production intensification are considered. Laboratory experimental work carried out in Russia, China and the USA is described. The results of application in the oil and coal fields of Russia and China are presented.

Keywords: secondary hydraulic fracturing, parametric resonance, plasma pulse action, improvement of reservoir properties.

Введение.

Решение задачи повышения эффективности разработки и увеличения коэффициента извлечения нефти (КИН) на новых месторождениях и, что особенно важно, на месторождениях поздней стадии разработки, невозможно без широкого внедрения методов управления продуктивностью скважины. В период высоких цен на нефть большинство нефтяных компаний ведут интенсивный отбор нефти с широким применением гидроразрыва пласта (ГРП). Зачастую при этом игнорируются ограничения, существующие при применении ГРП, что влечет за собой большое количество неуспешных операций и, следовательно, невосполнимые потери углеводородов. Контроль направления роста и длины трещины ГРП остается актуальной проблемой, нередко происходят прорывы воды из водоносных пластов и формируется недостаточная полудлина трещины. В среднем КИН по месторождениям едва превышает 30 %, в то время, когда с помощью современных методов увеличения нефтеотдачи (МУН) можно добыть до 50 % общего объема нефти. В современных реалиях роста цен на оборудование и материалы, стоимость ГРП стремительно растет, что приводит к снижению рентабельности проектов [1].

По геологической структуре породы слагающие коллекторы неоднородны, а остаточные запасы, которые необходимо извлекать, сосредоточены в слабодренлируемых зонах, в так называемых целиках нефти. С другой стороны, после бурения и запуска скважин в эксплуатацию происходит постепенная кольматация призабойной зоны, которая, негативно влияет на проницаемость пласта и подвижность флюида. Возникает потребность в технологии, которая способна одновременно и очищать призабойную зону от кольматанта, и улучшать проницаемость пластов.

Скважинные кислотные обработки, которые широко используются в нефтедобывающих компаниях на сегодняшний день имеют свои существенные ограничения. Сложность подбора химического состава, который позволит очистить призабойную зону пласта и при этом не будет вызывать образование нерастворимых продуктов реакции, а также недолговечность эффекта являются основными проблемами данной технологии. Не редки случаи отсутствия положительного эффекта, дополнительного ухудшения околоскважинной зоны и быстрого прекращения эффекта в течение нескольких месяцев. Положительным фактором в пользу кислотных обработок по сравнению с ГРП является гораздо более низкая стоимость, но при этом эффект оказывается только на околоскважинную зону. Наилучшим выбором может стать технология, которая будет успешно бороться с кольматантом, улучшать проницаемость пласта на сотни метров от скважины, соединяя зоны с целиками нефти, при этом она должна быть экологичной и не превышать по стоимости кислотную обработку.

Целью данной статьи является поиск и изучение экологически чистой технологии вторичного гидроразрыва пласта для улучшения коллекторских свойств и повышения коэффициента извлечения остаточной нефти. В работе были использованы теоретические основы, а также результаты лабораторных испытаний и практического применения на месторождениях вторичного гидроразрыва пласта, опубликованные за последние несколько лет в России и за рубежом.

Методы.

Одной из эффективных и экологически чистых технологий вторичного ГРП является плазменно-импульсное воздействие (ПИВ) на продуктивный пласт. Коллектор по своим свойствам является совокупностью колебательных систем и на сегодняшний день установлено, что при периодическом импульсном воздействии на границу системы в ней возможен параметрический резонанс. ПИВ – один из методов интенсификации добычи нефти и газа, основанный на использовании резонансных свойств пласта. Созданное давление посредством электроразрыва передаётся на стенки скважины и далее в пространство коллектора, порождая волну механических напряжений. Метод заключается в создании серии плазменных импульсов, которые всего за несколько микросекунд способны расчистить кальматацию призабойной зоны скважины за счет резкого скачка уплотнения и температуры в зоне плазменного канала. Ударная волна формирует широкополосное акустическое поле, которое в жидкой среде пласта переходит в продольные и поперечные волны. Затухание последних происходит медленно, вследствие чего при повторном импульсе их амплитуды увеличиваются, вызывая резонансные явления. Так как в нефтегазовом коллекторе капиллярные силы отвечают за распределение фаз и присутствуют жидкая и твердая фазы, то при растягивающих и сжимающих периодических напряжениях возникает эффект П.А. Ребиндера – потеря механической устойчивости. При периодическом плазменно-импульсном воздействии в результате резонансного явления и потери механической устойчивости в капиллярах (снятие поверхностного натяжения), наблюдается многократное увеличение агрегации жидкости, а также за счет появления флотации капли нефти выталкиваются к поверхности – легкая фаза (нефть) замещает воду. В результате снижается обводненность продукции.

Под действием упругих волн появляются новые микротрещины в породах, улучшается проницаемость и пьезопроводность продуктивного пласта. Фактические измерения и эксперименты подтверждают улучшение коллекторских свойств пласта и изменение проницаемости порового пространства и, как следствие, повышение его добычных характеристик. Выбор скважины для обработки определяется величиной остаточной нефтенасыщенности и близостью к забою добывающей скважины остаточных запасов нефти. Воздействие на добывающие скважины вызывает приток флюида к скважине, а воздействие на нагнетательные скважины ведёт к увеличению их приемистости. При этом важно отметить, что помимо призабойной зоны пласта положительное влияние, за счёт распространения упругих волн глубоко в пласт, оказывается и на соседние скважины в радиусе до 1500 метров от источника колебаний.

ПИВ является относительно простой и безопасной в применении технологией, не требует добавки химических реагентов, а также отличается своей мобильностью и быстрой окупаемостью. Продолжительность всей операции на одной скважине не превышает 24 часа, после чего скважину можно сразу запускать в эксплуатацию.

Типовой плазменный генератор представляет собой металлический цилиндр длиной около 2500 мм и наружным диаметром порядка 100 мм. Содержит блок накопительных конденсаторов, высоковольтный блок, высоковольтный трансформатор, плату управления, электродные излучатели и устройство для формирования плазменного канала. Питание напряжением 220 В подается с устья скважины, мощность питания – 500 Вт и энергоемкость – 1.5 кДж. Контроль осуществляется в реальном времени с помощью геофизического кабеля и контрольного модуля (рис. 1).

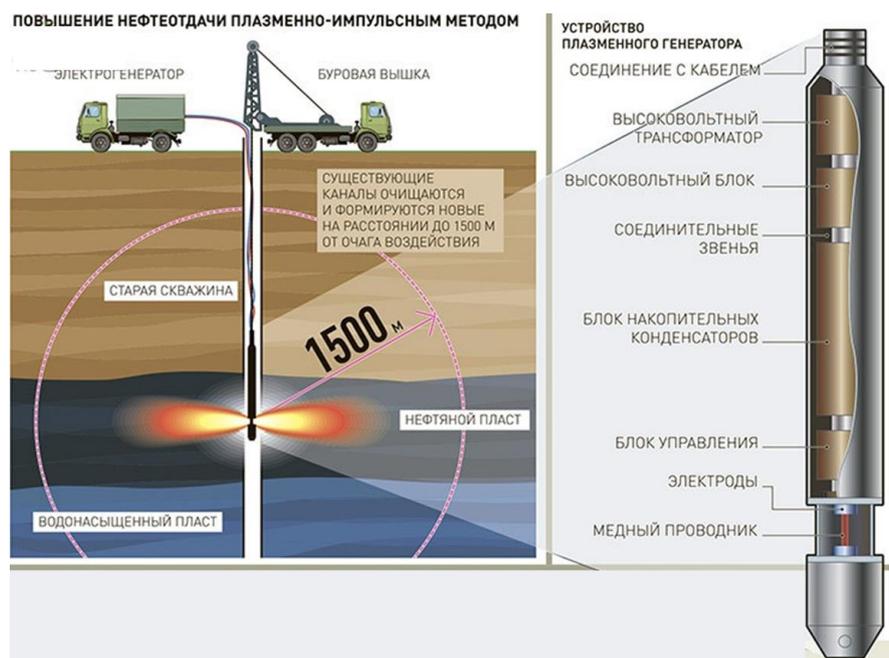


Рис. 1. Методология ПИВ и устройство плазменного генератора

Для контроля эффекта от ПИВ на скважинах проводят геофизические исследования до и после обработки. Забор пробы флюида и определение гидростатических параметров – давления, температуры, динамического уровня жидкости и определение рабочих интервалов перфорации.

В 2013 году была опубликована статья по разработке математической модели описывающий принцип работы ПИВ в насыщенной флюидом среде, на основе которой можно выполнять расчеты гидромеханических эффектов ПИВ в зависимости от интенсивности и частоты импульсов тока. Численное моделирование волн давления в околоскважинном пространстве дает возможность оценить показатели ПИВ по отношению к устранению кольтации в окрестности скважины, а также повышению проницаемости и пористости коллектора [2].

В лаборатории университета Хьюстона в 2018 году были проведены эксперименты применения ПИВ на испытательных образцах, имитирующих реальные условия в пласте – образец горной породы или цемента цилиндрической формы и внутри трубка около 2.5 см в диаметре заполненная водой, представляющая скважину. Было выявлено, что после применения ПИВ образовалась массовая микротрещиноватость и макротрещины на экспериментальном образце породы.

В этом же исследовании была создана 2Д модель тестового образца и продемонстрирован процесс распространения импульса во времени, наглядно показывающий рост и затухание сигнала в пласте (рис. 2). Авторы указывают, что проведенные лабораторные эксперименты и моделирование процесса демонстрируют эффективную работу технологии ПИВ на реальных месторождениях.

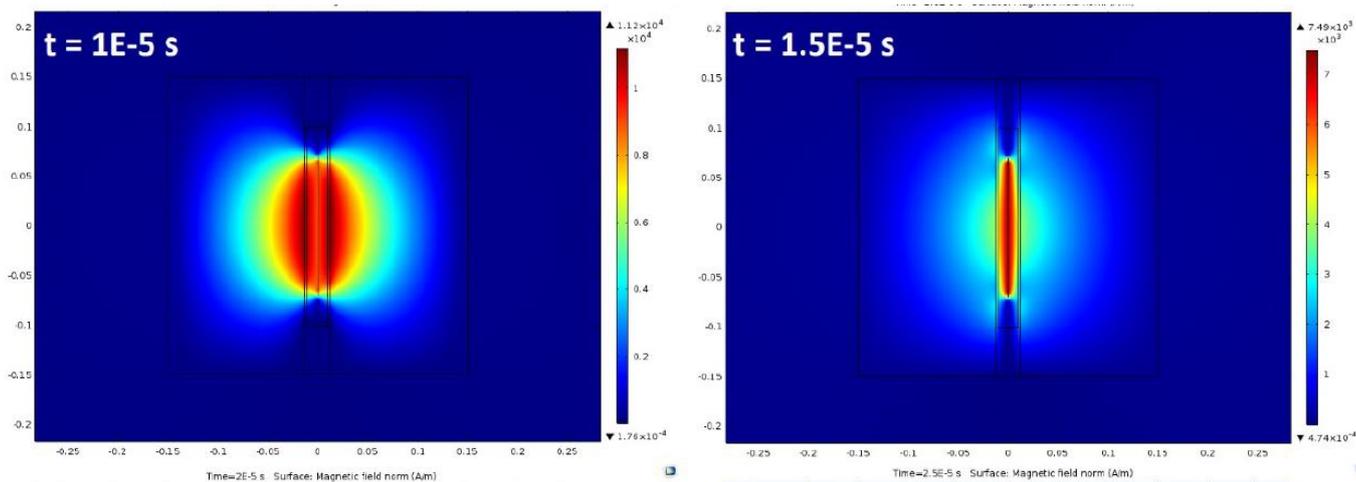


Рис. 2. Моделирование распространения импульса во времени.

В результате ПИВ, проведенного в лаборатории МГУ на образцах угля, рентгеновская томография зафиксировала хорошо выраженные изменения, произошедшие во внутреннем строении образцов углей. Детальный анализ характера развития трещин в образцах показал, что изменения в первую очередь обусловлены преобразованием геометрии уже существующих трещин. Фиксируется увеличение длины и степени раскрытости трещин (рис. 3).

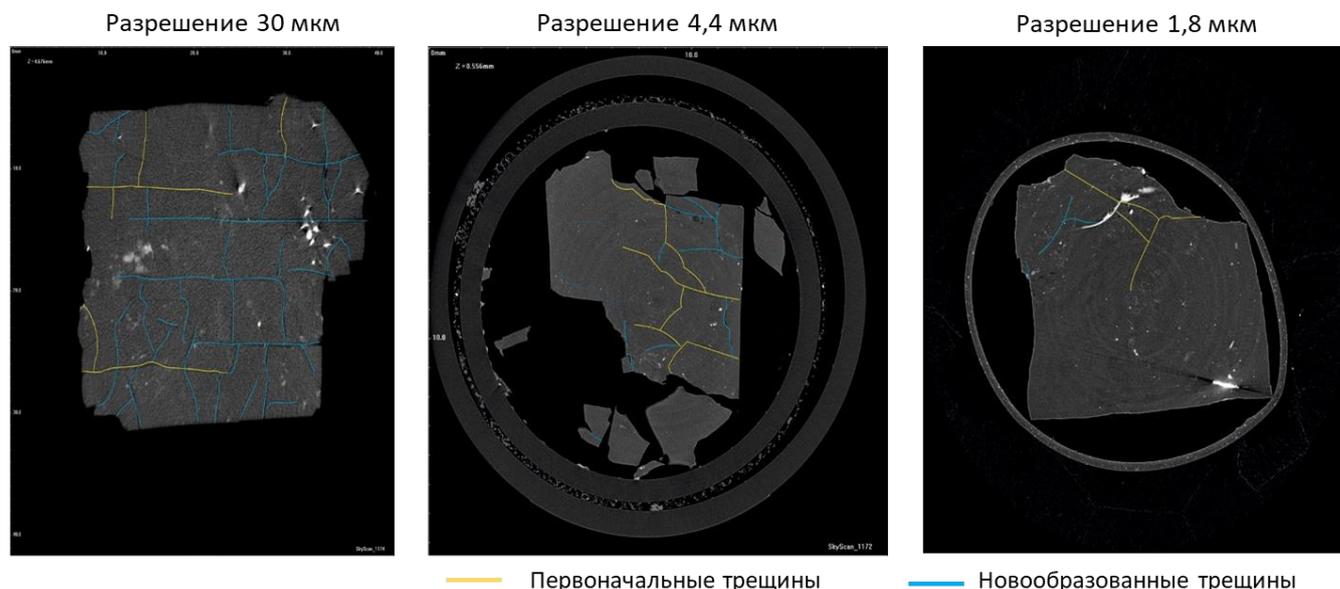


Рис. 3. Результаты эксперимента на рентгеновской томографии (выделено появление новообразованных трещин)

В 2022 году ученые из китайского университета «China University of Petroleum Huadong-Qingdao Campus» опубликовали работу [4] на тему создания резонанса в пласте с использованием предлагаемого оборудования, которое можно спустить в скважину на глубину 3000 метров и в течение получаса производить импульсы с использованием разряженного напряжения 11 тыс. вольт с частотой 0-60 герц. В результате лабораторных опытов и эксперимента, проведенного на месторождении провинции Shanxi, было отмечено увеличение пористости, подтвержденное измерениями акустического прибора с многополосными приемниками Sonic Scanner (рис. 4), распространение трещин и увеличение нефтеотдачи пласта с трудноизвлекаемыми запасами.

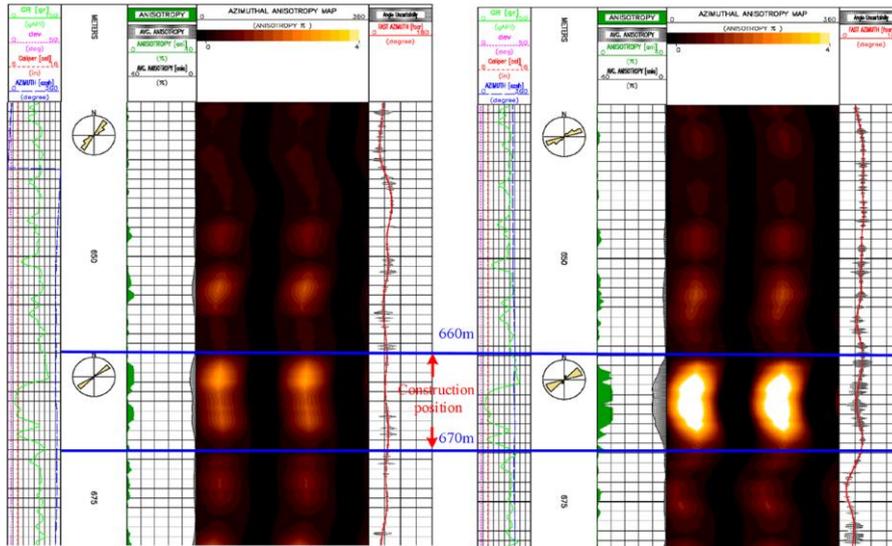


Рис. 4. Результаты акустического каротажа пласта до и после создания резонанса

Результаты и обсуждения.

Метод ПИВ был опробован по всему миру и удостоился наград как инновационный метод, отвечающий современным и будущим энергетическим вызовам, входил в тройку лучших методов в своем сегменте по версии журнала «Word Oil» США в 2016 году. Технология применялась в Калифорнии, компанией Monterey Shale. В Propell Group с успехом были обработаны пять скважин в районе Бейкерсфилд, две нагнетательные и две добывающие скважины, а также одна нагнетательная скважина рядом с Лос-Анджелесом [6]. В настоящее время технология вызывает большой интерес компаний в Индии, где она была уже опробована с положительными результатами.

В России технология применялась на многих месторождениях, входящих в состав крупных нефтегазовых компаний, таких как ПАО «НК «Роснефть» и ПАО «Газпром нефть». Опыт применения плазменно-импульсной технологии в различных геологотехнических условиях месторождений с терригенными и карбонатными коллекторами и тяжелыми нефтями в России (Урало-Поволжье, Тимано-Печора, Западная Сибирь) приведен в таблице 1 [7].

Таблица 1

Опыт применения в России

№ п.п.	Месторождение	Номер скв.	Дебит, м ³ /сут	
			До воздействия	После воздействия
1	Самотлорское	8170	8.4	30
2	Туймазинское	3288	2.8	4.7
3	Бавлинское	2574	2.2	4.1
4	Сабанчинское	2125	1.8	4.5
5	Шкаповское	965	0.7	1.7
6	Западно-Ноябрьское	929	1.3	2
7	Западно-Сихорейское	70	85	165
8	Ардалинское	5	45	62
9	Ошкотынское	44	22	30
10	Дюсушевское	7	1.8	11
11	Первомайское	856	27	41
12	Советское	631	11	16
13	Мишкинское	763	1.7	20.6
14	Байтуганское	234	9.8	11.4

Заключение.

Плазменно-импульсное воздействие является одной из самых эффективных и экологически чистых технологий по борьбе с кольматантом, интенсификации притока жидкости и повышения нефтеотдачи пласта. По результатам имеющихся исследований положительный эффект после обработки длится в среднем от нескольких месяцев до двух лет, при этом на Тайлаковском месторождении стабилизированный дебит на одной из скважин продлился 3 года, после чего наблюдалось постепенное снижение дебита. Затухание эффекта можно объяснить смыканием трещин в фильтрационных каналах. Для эффективного применения плазменно-импульсного воздействия, необходимо заранее провести анализ фонда скважин для подбора подходящих кандидатов, пластовое давление в зоне проведения операций не должно быть сверхнизкое. Кроме того имеются термобарические ограничения. Технологию нельзя использовать при критически высоких температурах, превышающих 120 градусов цельсия и давлении более 400 атмосфер. Рекомендуются применять ПИВ для интенсификации добычи, восстановления работы остановленных скважин и увеличения нефтеотдачи пласта.

Список использованных источников:

1. Тынчеров К.Т., Варламова Ю.В., Ганиева Р.Д., Селиванова М.В. Технология плазменно-импульсного воздействия и сравнительный опыт применения в России на различных месторождениях // Сб.: Материалы 49-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященной 90-летию Башкирской нефти. – 2022. – С. 158-164.
2. Агеев П.Г., Колдоба А.В., Гасилова И.В., Повещенко Н.Ю., Якобовский М.В., Ткаченко С.И. Комплексная модель отклика пласта на плазменно-импульсное воздействие // Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН – 2013.
3. Method of pulsed force plasma stimulation – Experimental study of a pulse test for frack initiation, *Yue Xiao, Weylon House, Ebru Unal, M.Y. Soliman* // Technical University of Houston, Texas, USA, July 23-25, 2018.
4. Reservoir Porosity Improvement Device based on Underwater Pulse Arc Fracturing and Frequency Resonance Technology, *Yingbo Yu, Chong Gao, Zaikang Shao, Daji Gong, Yufan Wang and Gangyi Zhai* // Institute of New Energy, China University of Petroleum Huadong Qingdao Campus, 2022.
5. Pulse Plasma Stimulation: Effect of Discharge Energy on Rock Damage Under Various Confining Stresses, *Rezaei Ali, Siddiqui Fahd, Awad Mohamed M., Mansi Mohamed, Soliman Mohamed Y.*, University of Houston, Houston, Texas, US; *Gordon Peter, Allen Nicole*, ExxonMobil Research and Engineering, Annandale, New Jersey, US; House Waylor, Consultant, The Woodlands, Texas, US, // ARMA 20-1572, 2020.
6. Агеев П.Г. Экспериментальные исследования плазменно-импульсного воздействия. Интенсивность пульсаций давления в обрабатываемой среде // П.Г. Агеев, Н.П. Агеев, А.Ф. Пашенко [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2019. – № 2. – С. 106-112.
7. Молчанов А.А., Агеев П.Г. Внедрение новых технологий - надежный путь извлечения остаточных запасов месторождений углеводородов. // Записки Горного института. – 2017. – Т. 227. – С. 530-539.
8. Патент № 2600249 С1 Российская Федерация, МПК E21B 43/16, E21B 43/25, E21B 23/14. Способ и устройство воздействия на нефтенасыщенные пласты и призабойную зону горизонтальной скважины: № 2015111100/03: заявл. 24.01.2014: опубл. 20.10.2016 / П.Г. Агеев, Н.П. Агеев, А.В. Бочкарев; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «НОВАС Ск». – EDN BEFIYL.



**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА
И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА СКВАЖИН.
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ
НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ.**

Сборник докладов
18-й Международной научно-практической конференции
г. Сочи, Краснодарский край
18 – 23 сентября 2023 г.

Компьютерная верстка и дизайн:
Ю.В. Куценко

Сдано в набор 17.11.2023 г. Подписано в печать 20.11.2023 г.
Формат бумаги 210×297. Бумага листовая для офисной техники.
Гарнитура «Times New Roman». Печать лазерная полноцветная.
Тираж 500 экз.

ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо»
350049, г. Краснодар, ул. Котовского, д. 42, офис 309
Тел./факс: (861) 212-85-85; 216-83-63; 216-83-64; 210-04-12
e-mail: nitpo@mail.ru, nitpo@nitpo.ru
www.nitpo.ru