

**ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СТРУКТУРУ
КАПИЛЛЯРНО - ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Наведено аналіз результатів комплексних теоретичних і експериментальних наукових підходів при розробці наукових основ електророзрядного методу дії на структуру пористих матеріалів і динаміку фільтрації в них вуглеводневих флюїдів на основі встановлених закономірностей зв'язку між показниками властивостей цих матеріалів з параметрами дії.

**ELECTRIC DISCHARGE EXERTION ON THE STRUCTURE OF THE
CAPILLARY - POROUS MATERIALS**

The analysis of results of complex theoretical and experimental scientific approaches is of working out of the scientific foundations of the method of the change of porous materials structure and the dynamics of the hydrocarbon fluids filtration in them on the basis of the set conformities to the law of communication between the indexes of properties of these materials with the parameters of action.

Структура и внутренняя топология капиллярно – пористых материалов, как искусственного, так и естественного происхождения определяет характер переноса в них жидкостей. При этом параметры, определяющие интенсивность переноса и, как следствие, эффективность фильтрации существенно зависят от различных отложений. Поэтому управление структурой является одной из основных задач, обеспечивающих интенсивность фильтрации.

Если в материалах искусственного происхождения структура и топология мало чувствительны к напряжениям, возникающим в ходе их эксплуатации, то материалы естественного происхождения (грунты и нефтенесущие пласты осадочных горных пород) подвержены действию напряжений. В данном случае речь идет о напряжениях двух типов. Первые порождаются газом, содержащимся в углеводородных флюидах. Напряжения второго типа обусловлены гравитационным фактором и весьма существенны для пластов глубинного залегания. Совместное действие двух указанных различных полей может приводить к необратимым деформациям в капиллярно – пористых структурах естественного происхождения. Именно последний из указанных факторов и приводит к изменениям внутренней топологии, что, совместно с отложениями на стенках капилляров твердых органо-минеральных композиций, и приводит к резкому снижению интенсивности фильтрации, а в некоторых случаях – к прекращению переноса жидкости в капилляре.

Сказанное выше определяет важность специального анализа процессов деформации капиллярно пористых тел естественного происхождения и необходимости их детального изучения, как на стадии самой фильтрации, так и в условиях интенсивных воздействий на эти материалы (в частности высоковольтным импульсным разрядом). Проблема необратимых деформаций пористой среды рассматривается в работах, которые касаются объектов и технологий современного материаловедения, а конкретно порошковой металлургии. В работах [1-3] разработаны научные основы технологии прессования порошков, ко-

которые создают надежное обоснование для описания и прогнозирования необратимых деформаций пористых сред. Закономерности, которые описываются с помощью разработанных авторами моделей, подобны явлениям, которые сопровождают динамические процессы в деформируемых глубинных пористых материалах - осадочных горных породах в процессах нефтедобычи. В частности, это вопросы, связанные с проблемой разуплотнения (увеличение объема) пористой среды, обусловленной сдвиговыми деформациями, и известной в механике грунтов и горных пород как дилатансия.

Научные основы эволюции капиллярно-пористой структуры под действием внешних нагрузок, разработанные в работах [1-3] присущи как материалам порошкового происхождения, так и нефтеносным грунтам. К этому следует добавить, что в работах [1,4] разработаны методы количественной оценки перемещения вязких жидкостей в капиллярно-пористых средах на основе установленных закономерностей взаимодействия этой жидкости с внутренней поверхностью капилляров. Приведенные работы открывают путь к исследованию влияния растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ) на особенности фильтрации жидкости в капиллярно-пористых средах [5].

Интенсифицируют фильтрационные процессы в пористых материалах естественного происхождения различными методами, среди которых можно выделить физические, так как их доля составляет около 60% от общего числа. К ним относятся: гидро- и гидродинамические разрывы пластов; различные виды волновых воздействий: акустическое, гидроакустическое, вибросейсмическое, электромагнитное, гидроимпульсное и электроразрядное.

Каждый из этих методов имеет свои достоинства, но у всех есть один общий недостаток – ни в одном из известных методов параметры воздействия не базируются на закономерностях связи между показателями свойств пористых горных пород и углеводородных флюидов, что не позволяет управлять динамикой фильтрации.

Поэтому проблема разработки научных основ метода изменения структуры пористых материалов, заполненных углеводородными флюидами, с целью улучшения их фильтрационных характеристик, является актуальной.

Цель настоящей работы состоит в разработке научных основ электроразрядного метода изменения структуры пористых материалов, заполненных углеводородным флюидом, и динамики их фильтрации, базирующегося на установленных закономерностях связи между показателями свойств этих материалов и параметрами воздействия.

Методы исследований. Экспериментальные исследования влияния электроразрядного воздействия на динамику фильтрации углеводородных флюидов в пористых материалах естественного происхождения (керны песчаников и карбонатов) и их структуру проводились на оригинальном стенде высокого давления [6]. Стенд позволял создавать различные сочетания горного, внутрипорового и гидростатического давлений, фильтровать жидкость при постоянном расходе через пористый материал и фиксировать перепад давления на керне измерительным преобразователем разности давлений "Сапфир -22ДД". Корректность полученных результатов обеспечивается статистической обработкой

результатов измерений и комплексом современных экспериментальных и теоретических методов, которые взаимно дополняют друг друга: физико-химический анализ, определение механических свойств, оптическая микроскопия, регистрация быстропротекающих электрических и гидродинамических процессов.

Перемещение примесей в гетерогенной среде происходит в тесной связи с чисто механическими трансформациями пористой среды, являющейся твердофазной частью всей гетерогенной среды. Для анализа динамики этого процесса в определенной степени подходит математическая модель, описывающая процесс упругопластического деформирования и разрушения пористой насыщенной жидкостью среды, основанная на известной концепции [7, 8].

В математической модели, описывающей процесс упругопластического деформирования пористой насыщенной жидкостью среды под действием гидродинамической волны, образовавшейся в результате электрического разряда, рассматривались две подсистемы уравнений [9]:

1) уравнения, учитывающие законы сохранения массы, импульса и энергии в пористой матрице и в заполняющей поры жидкости, взаимодействие твердой и флюидной сред, связь между деформациями и напряжениями, пластическое течение, геометрические соотношения между скоростями деформаций и перемещениями, изменение пористости, уравнения состояния твердой и жидкой фаз, краевые условия [7, 8];

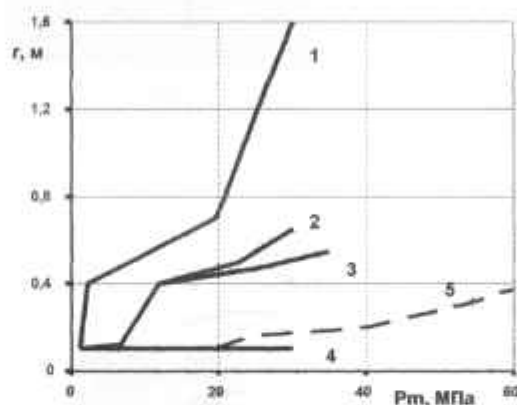
2) уравнения, учитывающие процессы переноса отложений с внутренних поверхностей твердой матрицы, баланс массы жидкости с ПАВ и баланс массы матрицы [10].

Рассматривалась система соосных цилиндрических слоёв, образованных жесткой перфорированной трубой, цементным кольцом, перфорированной и неперфорированной частями пористого материала.

Давление на стенку жесткой трубы $P_m = 35$ МПа, которое создает электрический разряд в водном электролите с удельной электропроводностью

0,1 Ом-1м-1 (параметры существующих устройств типа «Скиф», запасаемая энергия - 1 кДж), при малых величинах гидростатического (до 5 МПа) и горного (до 10 МПа) давлений способствует образованию радиальных и цилиндрических трещин в пористой среде на расстоянии примерно 0,4 м (рис.1). В результате этого может существенно повышаться проницаемость матрицы пористой среды.

Увеличение горного (более 10 МПа) и гидростатического (более 5 МПа) давлений препятствуют образованию трещин отрыва. Разрушение матрицы пористой среды в результате сжатия происходит вблизи жесткой трубы в виде трещин сдвига. При относительно малых значениях давления на стенку жесткой трубы P_m (до 35 МПа) наблюдается упругий режим деформирования матрицы пористой среды.



— - $P_g = 5$ МПа; — — - $P_g = 20$ МПа

1- остаточные деформации; 2 – цилиндрические трещины; 3 – радиальные трещины;
4 – трещины сдвига; 5 – радиальные трещины

Рис. 1 - Зона воздействия электрического разряда на пористую среду

Расчеты показывают, что наибольшая глубина проникновения раствора ПАВ в пористую среду под действием одиночного разряда существующих электроразрядных устройств не превышает 16 мм. Граница контакта раствора ПАВ с нефтью совершает затухающие колебания с основной частотой (200...500 Гц) при двукратном уменьшении амплитуды за период колебаний.

Процесс растворения отложений веществ, загрязняющих поры, возможен в результате контакта с ними раствора ПАВ. Такой контакт происходит в результате вытеснения раствором ПАВ нефти вглубь пористой среды. Начальная стадия импульсного нагружения пористой среды характеризуется приблизительно линейной зависимостью между количеством последовательно выполненных электрических разрядов и массой отложений, удалённых из пор (т.е. увеличением пористости). Изменение (повышение) проницаемости горных пород зависит от изменения (повышения) пористости в степени $\cong 10$. Следовательно, изменение проницаемости пористой среды в пределах насыщения её раствором ПАВ пропорционально количеству последовательно выполненных электрических разрядов, взятому в десятой степени.

Таким образом, несмотря на относительно малое количество отложений, удаляемых из пор за один разряд ($\cong 10^{-5}$ % массы асфальто-, смоло-, парафиновых отложений (АСПО) при времени контакта ПАВ с отложениями $\cong 3$ мс), последовательность разрядов может привести к существенному изменению проницаемости пористой среды. Следовательно, необходимо добиваться увеличения амплитудных значений давления, способствующих изменению проницаемости за счет создания и развития трещин и интенсифицировать фильтрационные процессы растворов ПАВ в пористой среде, которые будут способствовать растворению и выносу загрязняющих веществ из пор [9].

Традиционное решение этой проблемы - увеличение запасаемой энергии в существующих установках более $W = 1$ кДж, но оно сопряжено с рядом технических сложностей, связанных, в частности, с ограничением массогабаритных

параметров установок. Другой путь - это определение условий, которые будут способствовать эффективному преобразованию электрической энергии в условиях высоких гидростатических давлений.

Необходимо отметить, что при высоких давлениях (до 50 МПа) в условиях, характерных для пластов пористых материалов глубинного залегания, сложно реализовать узкий диапазон удельной электропроводности водного электролита (σ от 0,1 до 0,28 Ом $\cdot$ м $^{-1}$), позволяющей реализовать ее стабильный пробой, что связано с увеличением удельной электропроводности за счет загрязнения жидкости. В то же время минерализованная вода, оказывает отрицательное действие на фильтрационные характеристики пористой среды насыщенной углеводородными флюидами, проявляющееся в снижении фазовой проницаемости для нефти. Поэтому были выполнены исследования влияния состава рабочей среды при высоком гидростатическом давлении на стадию формирования и развития ЭР, в которых использованы два базовых типа сред: водные электролиты и ВНЭ, в которые вводили добавки ПАВ.

Из большого количества синтетических ПАВ, предназначенных для сорбции и ориентации на различных поверхностях раздела и для изменения фазовых и энергетических взаимодействий на этих границах, были выбраны представители ПАВ, относящиеся к ноногенному (анионному) типу (Карпатол - побочный продукт нефтепереработки и Пинол - продукт нейтрализации кислого гудрона раствором щелочи) и к смешанному типу ПАВ - анионные и неионогенные, представителями которых являются multifunctionальные композиции ПАВ типа МЛ.

Исследования, проведенные на экспериментальном стенде высокого давления, позволили установить [11], что тип исследуемых ПАВ и их концентрация в водных электролитах не оказывают существенного влияния на характер зависимости времени задержки пробоя и на напряжение начала активной стадии разряда от гидростатического давления. Потери на предпробойной стадии увеличиваются с ростом гидростатического давления, повторяя характер аналогичной зависимости для водных электролитов.

Добавка исследуемых ПАВ в водонефтяные эмульсии также не оказывает существенного влияния на стадию формирования разряда. Электрический разряд в ВНЭ и в ВНЭ с ПАВ отличается стабильностью времени задержки пробоя и слабо зависит от давления. В отличие от водных электролитов, электрические характеристики при разряде как в ВНЭ, так и в ВНЭ с ПАВ, зависят от времени воздействия и выражаются в увеличении, примерно в 2 раза, времени задержки пробоя. Напряжение начала активной стадии разряда в ВНЭ с увеличением гидростатического давления несколько увеличивается, что вызвано стабилизацией состава эмульсии и ее постепенным насыщением продуктами разложения (преимущественно газами). При добавлении в эмульсию ПАВ типа МЛ напряжение начала активной стадии разряда практически не зависит от гидростатического давления (до 40 МПа). В отличие от водных электролитов, при разряде в ВНЭ с первых же импульсов начинается резкий рост давления, связанный с образованием в эмульсии значительного количества газов – продуктов разложения эмульсии. Условия, связанные с практически мгновенным плазмотерми-

ческим разложением ВНЭ, контактирующей с каналом разряда до газовой фазы, позволяют снизить потери на стадии формирования электрического разряда при высоком гидростатическом давлении.

Экспериментальное исследование импульсов давления при электрическом разряде в различных средах, выполненные с помощью волноводных датчиков давления, позволили установить (рис.2), что при гидростатическом давлении $P_g \geq 5$ МПа наилучшими, с точки зрения гидродинамики, характеристиками обладает разряд в водонефтяной эмульсии, что, связано с низкими потерями энергии на стадии формирования электрического разряда [11].

Исследования влияния высоковольтного электрического разряда на свойства растворов ПАВ, основными из которых являются их адсорбционная способность и поверхностная активность, были выполнены на экспериментальном стенде, технологическая часть которого позволяла решать, куда помещать исследуемую жидкость: либо в разрядную камеру для осуществления в ней высоковольтного разряда, либо отделить эту жидкость в рабочей камере упругой резиновой мембраной от контакта с плазменным каналом.

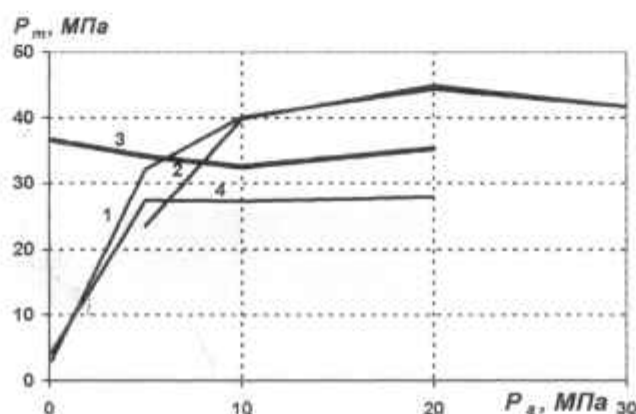
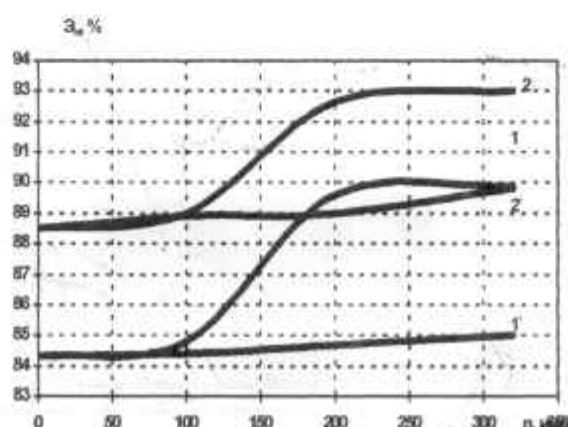


Рис. 2 - Зависимость амплитуды импульсов давления от гидростатического давления P_g при электроразряде: 1 – ВНЭ+НМК-21 (при увеличении P_g); 2 – ВНЭ+НМК-21 (при снижении P_g); 3 – водный электролит; 4 – 0,3 % водный раствор НМК-21

Очищающая (моющая) и ингибирующая способность растворов ПАВ определялись гравиметрическим методом по методике “холодного” цилиндра с использованием оборудования, моделирующего эти процессы. Реологические характеристики нефти исследовались на ротационном вискозиметре “Полимер РПЭ-1М.2”. Для определения поверхностного натяжения на границе «жидкость-воздух» был выбран метод счета капель (или метод обрывающейся капли) с помощью сталагмометра. Исследование влияния электроразрядного воздействия на структуру нефти проводилось путем сравнения количественных характеристик размера частиц АСПО и воды опытных и контрольных образцов на оптическом микроскопе “Неофот – 32”.

Установлено, что моющие и ингибирующие свойства (предотвращение сорбции отложений) всех видов ПАВ после электроразрядной обработки в разрядной камере усилились (рис. 3). Зависимости эффективности очищающей способности растворов ПАВ от времени воздействия (количества импульсов) выявляют характерную s – образную зависимость, которая свидетельствует о

том, что существует период накопления изменений, инициируемый тепловой энергией плазменного канала, механической энергией ударной волны и гидропотока, период роста и стабилизации поверхностной энергии в растворах ПАВ. Такая зависимость позволяет оптимизировать процесс воздействия, наилучшей моющей способностью после обработки обладают ПАВ типа МЛ, так НМК-21, практически полностью (93%) удаляет АСПО. После электроразрядной обработки 0,1% растворов ВРК, НМК и НМК-21 их моющая способность стала даже несколько выше, чем у 0,3% растворов до их обработки. В растворах ПАВ, которые отделены от плазменного канала высоковольтного разряда резиновой мембраной, усиление моющей и ингибирующей способностей практически не наблюдалось.

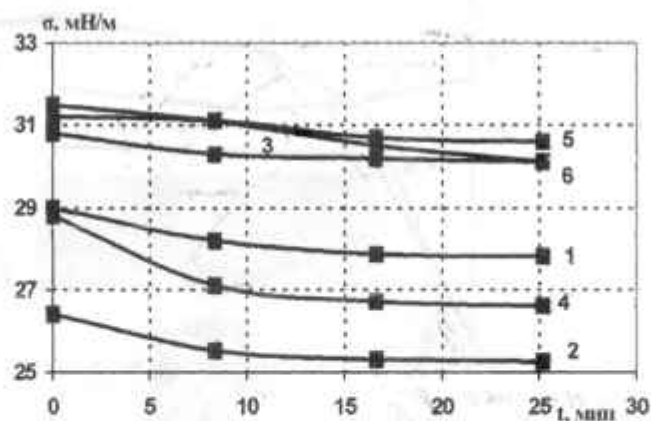


1 – 0,1% раствор НМК-21, разрядная камера; 1' – 0,1% раствор НМК-21, рабочая камера;
2 – 0,3% раствор НМК-21, разрядная камера; 2' – 0,3% раствор НМК-21, рабочая камера

Рис. 3 - Влияние электроразрядной обработки на моющую способность раствора НМК-21

Известно, что поверхностное натяжение водных растворов ПАВ резко уменьшается с ростом концентрации вплоть до ККМ, а затем остается постоянной. В результате электроразрядного воздействия на растворы ПАВ типа МЛ, концентрация которых была выше ККМ, когда произошло снижение поверхностного натяжения на границе жидкости (нефть+ПАВ) с воздухом, наблюдается характерная монотонно убывающая зависимость от времени воздействия, которая позволяет оптимизировать количество энергии, выделенной в единице объема, и соответственно время, после которого интенсивность процесса снижается (рис. 4).

Снижение поверхностного натяжения на границе жидкости (нефть+ПАВ) с воздухом свидетельствует о повышении активности ПАВ, в результате того, что еще на начальной стадии формирования плазменного канала разряда (предпробойной стадии) начинает происходить поляризация диэлектрических частиц ПАВ за счет токов проводимости, а затем ударной ионизации и автоэлектронной эмиссии.

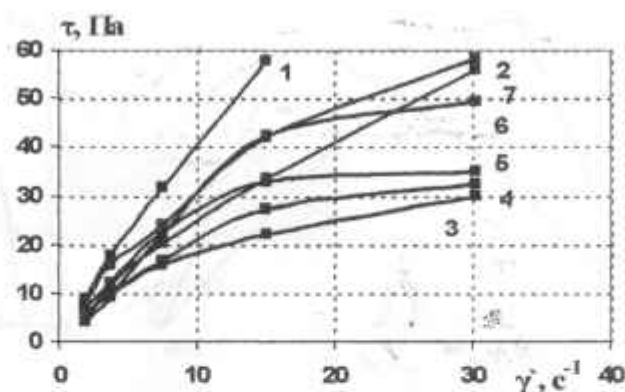


1 – 0,1 % ВРК; 2 – 0,3 % ВРК; 3 – 0,1 % НМК-21; 4 – 0,3 % НМК-21;
5 – Пинол; 6 – Карпатол.

Рис. 4 - Влияние времени электроразрядной обработки ПАВ, которые добавляют в нефть, на изменение поверхностного натяжения на границе жидкости (нефть+ПАВ) с воздухом

Процесс внешней поляризации увеличивает дипольный момент полярных молекул и усиливает дисперсионную Ван-дер-Ваальсову энергию их взаимодействия, изменяя тем самым, поверхностно-активные свойства систем. Поляризация молекул играет основную роль в процессах адсорбции за счет увеличения поверхностной энергии адсорбционной пленки. Пенообразующие составляющие ПАВ стабилизируют газовые пузырьки, адсорбируясь на их оболочках и способствуют усилению адсорбции на твердых поверхностях.

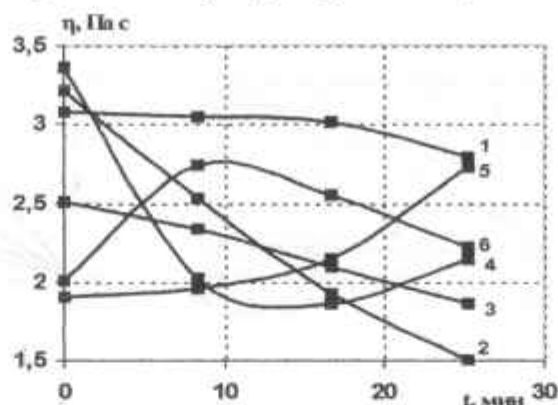
Добавка к структурированной нефти всех исследуемых растворов ПАВ (ВРК, НМК-21, Пинола и Карпатола) заданных концентраций приводит к незначительным (на величину от 10 до 15 %) изменениям предельного напряжения сдвига и динамической вязкости. Электроразрядная активация ПАВ усиливает этот эффект, так добавка в нефть растворов 0,1% и 0,3% ВРК и НМК-21, прошедших электроразрядную обработку, приводит к очевидному сдвигу кривых течения, предельное напряжение сдвига существенно (до 40%) снижается (рис. 5), динамическая вязкость снижается в 2 раза (при скорости сдвига 15 с⁻¹) (рис. 6). Поскольку эффект существенно зависит от времени обработки был установлен оптимум. Электроразрядная обработка ПАВ на углеводородной основе – ПН и КР, в которых не происходит пенной сепарации, усиливающей процессы адсорбции, не приводит к улучшению реологических характеристики нефти при их добавке, а способствует незначительному (до 10%) увеличению предельного напряжения сдвига и динамической вязкости. Это объясняется их структурирующим влиянием при взаимодействии с природными полимерами нефти (асфальтенами и смолами), увеличение вязкости происходит в результате образования коллоидных структур. Следовательно, такого типа ПАВ не могут быть использованы в электроразрядной технологии воздействия на структуру пористых материалов и динамику фильтрации в них углеводородных флюидов.



1- сырая нефть; 2- 0,1 раствор ВРК; 3 – 0,3% раствор ВРК; 4 – 0,1% раствор НМК-21; 5 – 0,3% раствор НМК-21; 6 – ПН; 7 - КР

Рис.5 - Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига сырой нефти (1) и при добавке в нее подвергнутых обработке ПАВ (2 – 7):

Исследование воздействия высоковольтного электрического разряда в различных средах на структуру пористых материалов и динамику фильтрации в них углеводородных флюидов проводилось на экспериментальном стенде высокого давления [8]. Было установлено, что стабилизация проницаемости при фильтрации 0,3 % водного раствора НМК-21, происходит примерно через 30 минут (у песчаников) и через 40 минут (у карбонатов).



динамическая вязкость сырой нефти при этой скорости сдвига составляет 3,9 Па·с): 1 – 0,1% раствор ВРК; 2 – 0,3% раствор ВРК; 3 – 0,1% раствор НМК-21; 4 – 0,3% раствор НМК-21; 5 – ПН; 6 – КР

Рис.6 - Влияние времени воздействия на ПАВ, добавляемых в нефть, на динамическую вязкость нефти (при скорости сдвига 15 с-1;

Фильтрация и воды, и ВНЭ через загрязненный АСПО керн не приводит к увеличению проницаемости - отмыв не происходит. Возможности увеличения проницаемости в результате высоковольтного электрического разряда в воде, а для карбонатов и в ВНЭ - совсем незначительно (~ на 35 %), выше, чем воздействие, которое оказывает раствор ПАВ. Установлено (рис. 7 а и б), что использование в качестве рабочей среды ВНЭ позволяет существенно (в 2 раза для песчаников и 1,5 раза для карбонатов) повысить эффективность электроразрядного воздействия, по сравнению с водой.

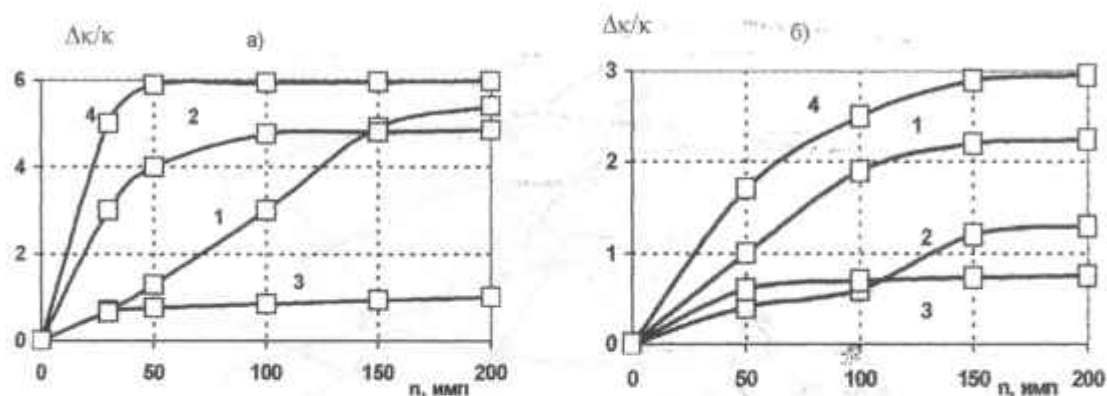


Рис. 7 - Изменение проницаемости песчаников (а) и карбонатов (б) при электрическом разряде: 1-0,3 % водный раствор НМК-21; 2- ВНЭ; 3-вода; 4 - ВНЭ + 0,3 % НМК-21

Комплексное воздействие электрического разряда и реагента (0,3 % водного раствора НМК-21), используемого в качестве рабочей среды, приводит к синергетическому эффекту в увеличении проницаемости пород по жидкости, эффект в 2 раза превысил сумму эффектов от действий, которые производят самостоятельно ПАВ и электрический разряд. Эффект синергизма усиливается при добавке 0,3 % НМК-21 в ВНЭ, абсолютные значения проницаемости и скорость ее роста в этом случае выше, чем в водных растворах НМК-21, ВНЭ и тем более в воде.

Наиболее существенные изменения пористости у песчаников (до 3 раз) и карбонатов (до 2,5 раз) наблюдаются при электрическом разряде в среде ВНЭ + 0,3 % НМК-21. Известно, что в природных материалах, состоящих из неодинаковых по размерам пор, пористость зависит от распределения пор по размерам. Поэтому были выполнены исследования распределения пор по размерам до и после электроразрядного воздействия (рис. 8).

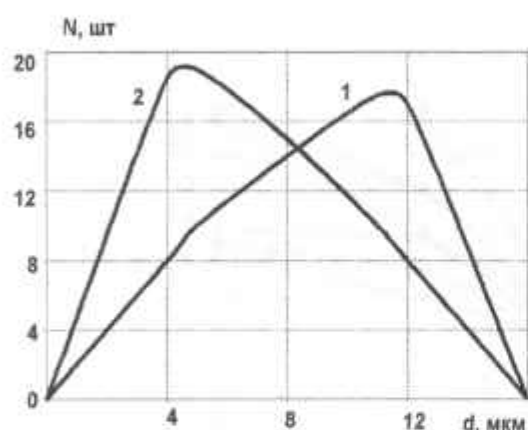


Рис.8 а Распределение пор в породах по размерам до ЭР: 1 – песчаники; 2 – карбонаты

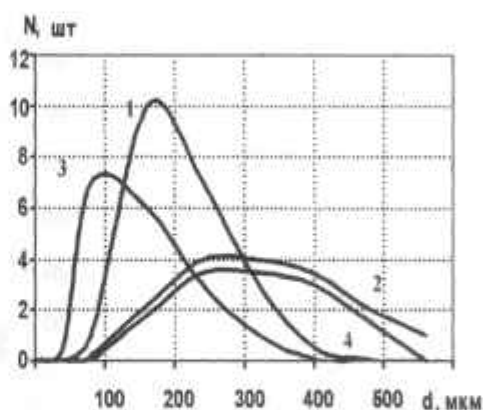


Рис.8 б - Распределение пор в породах по размерам после ЭР: 1 – песчаники (ВНЭ); 2 - песчаники (ВНЭ+0,3 % НМК-21); 3 – карбонаты (ВНЭ); 4 – карбонаты (ВНЭ+0,3 % НМК-21)

Для этого весь массив получаемых данных распределялся по массивным группам, интервал значений в группе определялся произвольно, в соответствии с полученными значениями минимума и максимума.

Как видим, у песчаников до воздействия максимальный размер пор составляет 12 мкм (рис. 8, кривая 1), а в результате электроразрядного воздействия в среде ВНЭ с добавкой 0,3 % НМК-21 размер пор увеличился от 80 до 560 мкм, причем большинство пор имеет размер 300 мкм (рис. 8, кривая 2). Аналогичная картина наблюдается и для карбонатов, причем, если до воздействия максимальный размер пор у карбонатов был меньше в 2 раза, чем у песчаников, то после воздействия разброс значений размеров пор и их максимальные значения стали практически сравнимы (рис. 8б, кривые 2 и 4).

Такое изменение пористости может свидетельствовать о том, что при неравномерном нагружении пористой среды раствором ПАВ происходит перестройка ее структуры за счет искусственно созданной пористости (рис. 9). Как известно, прирост пористости численно равен необратимой составляющей объемной деформации дилатансионного разуплотнения. За счет роста сообщающейся пористости происходит рост проницаемости породы, которая значительно и необратимо увеличивается. Поскольку проницаемость и песчаников, и карбонатов возрастает с началом деформирования (рис. 8), то очевидно, что деформационный процесс сразу начинается в направлении разуплотнения.

Выводы. Решена научно-техническая проблема разработки научных основ электроразрядного метода изменения структуры пористых материалов, заполненных углеводородными флюидами, с целью улучшения их фильтрационных характеристик. Впервые научно обоснованы и экспериментально определены условия, при которых высоковольтные электрические разряды приводят к изменению структуры пористых материалов, чему способствует активация растворов ПАВ, усиление их адсорбции в порах и микротрещинах, создание расклинивающего эффекта, дилатансионное разуплотнение породы. Установлены закономерности связи состава рабочей среды (водонефтяная эмульсия с добавкой ПАВ, в составе которого присутствует пенообразователь) и параметров электроразрядного воздействия с временной зависимостью изменения фильтрационных характеристик – пористостью (у песчаников увеличивается в 3 раза, у карбонатов - в 2,5 раза), проницаемостью (у песчаников увеличивается в 6 раз, у карбонатов - в 3 раза) и структурой (размер пор существенно увеличивается). Научные основы электроразрядного метода изменения структуры пористых материалов, заполненных углеводородными флюидами, с целью улучшения их фильтрационных характеристик, использованы для создания электроразрядной технологии интенсификации фильтрационных процессов в продуктивных нефтяных пластах в зависимости от типа породы, ее пористости и характера отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скороход В.В. Теория физических свойств пористых и композиционных материалов и принципы управления их микроструктурой в технологических процессах // Порошковая металлургия. – 1995. - №1/2. – С. 53 – 71.
2. Штерн М.Б. Модель процессов деформирования сжимаемых материалов с учетом порообразования. II. Одноосное растяжение и сжатие пористых тел // Порошковая металлургия. – 1989. - №6. – С. 34. – 38.
3. Скороход В.В. Реологические основы теории спекания. К.: Наукова думка, 1972. – 151 с.

4. Косторнов А.Г. Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов: В 2 т. – К.: Наукова думка, 2003. – Т.2. – 550 с.
5. Сизоненко О.Н. Синергетический эффект в изменении фильтрационных характеристик пористых насыщенных жидкостью сред при электроразрядном воздействии // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. Вып.42.- Днепропетровск: Ин-т геотехн. механики НАН Украины.- - 2003. - С.173-186.
6. Сизоненко О.Н., Ляпис Д.Н., Буряк В.Н., Банько В.Н. Изменение фильтрационных свойств насыщенной пористой среды при электровзрывном воздействии // Электронная обработка материалов. – 1992. - №2. – С. 33 – 36.
7. Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред. - М.: Недра, 1984. - 232 с.
8. Быков И.Г., Николаевский В.Н. Нелинейные волны в пористых насыщенных средах // Докл. РАН. – 1993. – 328, №1. – С. 35 – 38.
9. Сизоненко О.Н., Райченко А.И., Косенков В.М. Поведение примесей в слабопроводящей пористой среде с флюидами при импульсном давлении, возбуждаемом электрическим разрядом // Порошковая металлургия. – 2006. - №11/12. – С. 3 – 12.
10. Бармин А.А., Дарагаш Д. И. О фильтрации раствора в пористой среде с учетом адсорбции примеси на скелет // Известия вузов. Механика жидкости и газа.- 1994.- № 4.- С. 97-110.
11. Сизоненко О.Н., Тафтай Э.И., Хвошан О.В. Исследование влияния рабочей среды на амплитуду импульсов давления при высоковольтных импульсных разрядах// Электронная обработка материалов. – 2005. - №2. – С. 45 – 49.

УДК 622.411.332:533.17:622.357.1

Инж. Д.П. Гуня

(АП «Шахта им. А.Ф. Засядько»)

ПОКАЗАТЕЛИ ФИЛЬТРАЦИИ МЕТАНА В ПОДРАБОТАННОМ УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ НА ШАХТЕ ИМ. А.Ф. ЗАСЯДЬКО

Виконано аналіз фільтраційних показників підробленого вуглепородного масиву за результатами роботи поверхневих дегазаційних свердловин.

INDICES OF METHANE FILTRATION IN THE UNDERMINING ROCK MASSIF ON MINE NAMED BY A.F. ZASYADKO

The analysis of filtration parameters of a undermining rock massif by results of work degassing bore-holes, which were drilled from the surface is executed.

В работе [1], на базе экспериментальных исследований фильтрационных процессов, протекающих при частичной разгрузке массива в зоне влияния горных работ, рассмотрены коллекторские свойства и структура газоносных песчаников, а также определены значения их проницаемости.

Исследования, выполненные в условиях шахты им. А.Ф. Засядько, сводятся к определению интегрального коэффициента проницаемости, $k_{пр}$ и коэффициента фильтрации, k_f подработанной толщи углепородного массива, а не отдельного песчаника. Процесс фильтрации метана из подработанного углепородного массива в скважину, пробуренную с поверхности с довольно корректным приближением можно описать уравнением Дарси

$$u = - \frac{k_{пр}}{\mu} \text{grad} P, \quad (1)$$