

(промежуточный)/ ИГТМ НАНУ.- Руководитель д.т.н. Усаченко Б.М. - ГР 0196 014865.- Днепропетровск, 2000. – 70 с.

12. Кузнецов. Г. Н. О моделировании процессов проявления горного давления и сдвижения горных пород под влиянием подземных разработок методом эквивалентных материалов // Сб. трудов по вопросам моделирования проявлений горного давления методом эквивалентных материалов. - Л.: Изд-во ВНИМИ, 1962. –Выпуск 44.-С.7-17.

УДК 622. 24: 537. 528

О.Н. Сизоненко

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ИЗМЕНЕНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТЫХ НАСЫЩЕННЫХ ЖИДКОСТЬЮ СРЕД ПРИ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Приведені результати експериментальних досліджень впливу робочого середовища при електричному розряді на змінення фільтраційних властивостей ядерів пісковиків і карбонатів. Сформульовано основні фактори, що сприяють створенню синергетичного ефекту у зміні фільтраційних властивостей порід при електророзрядному впливі в середовищі розчинів ПАР.

SYNERGETIC EFFECT IN CHANGE FILTERING CHARACTERISTICS OF THE POROUS ENVIRONMENTS, SATED WITH LIQUID, AT ELECTRODIGIT INFLUENCE

The results of experimental researches of influence of the worker of environment are given at the electrical category on change filtering of properties kerns sanding and carbonates. The major factors are formulated which promote creation synergetic of effect in change filtering of properties of breeds at electrodigit influence in environment of PAR solutions.

1. Постановка задачи

На развитие нефтяной промышленности в последние годы влияет постепенно накапливаемое негативное изменение структуры разрабатываемых запасов нефти. В эксплуатацию вводится все большее число месторождений с низкопроницаемыми пластами, повышенной вязкостью нефти, сложным геологическим строением.

Геолого-разведочные работы свидетельствуют о том, что прирост запасов нефти в последние годы даже не компенсирует текущую добычу, а качество открытых запасов не стимулирует их быстрого ввода в разработку.

Поэтому наиболее актуальными являются проблемы максимального извлечения из пласта нефти, а особенно высоковязких нефтей и водонефтяных эмульсий, для которых характерно выпадение асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) и отложений минеральных солей (ОМС). При этом высокие требования предъявляют к экологическому совершенствованию процессов добычи нефти, являющихся основным источником нефтяного загрязнения природы.

К наиболее перспективным методам обработки призабойных зон пластов, с точки зрения эффективности и экологической чистоты, относят технологии с использованием различных физических полей. Одним из таких методов, уже достаточно широко себя зарекомендовавшим, является электроразрядный [1, 2].

Однако, как показали результаты лабораторных исследований и работа в условиях скважин [2, 3], электроразрядная технология не всегда обеспечивает необходимый положительный эффект, в частности, это относится к низкопроницаемым породам со сниженной проницаемостью в результате выпадения АСПО, которые обладают вязкопластичными свойствами.

Известно, что для удаления АСПО из призабойной зоны пласта широко применяются различные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Однако в низкопроницаемых коллекторах удается очистить от АСПО только небольшой слой перфорированной поверхности, так как реагенты не могут глубоко проникнуть в призабойную зону пласта (ПЗП) из-за ее недостаточной проницаемости.

Основываясь на том, что наиболее эффективными технологиями интенсификации притока в сложных низкопроницаемых коллекторах являются комбинации известных методов воздействия, в основном физико-химических [4, 5], нами было предложено совместить воздействие высоковольтного электрического разряда, реализуемого устройствами типа «Скиф», и растворов ПАВ, которые используются в качестве рабочей среды [6, 7].

Увеличение притока нефти в скважину в основном зависит от фильтрационных характеристик в ПЗП, которые характеризуются такими основными показателями как пористость и проницаемость [8]. Поэтому большой интерес представляют работы связанные с изучением изменения фильтрационных характеристик пород-коллекторов в результате воздействия, в частности при электроразрядном воздействии.

Поэтому целью работы явились исследования влияния рабочей среды при электрическом разряде на изменение фильтрационных характеристик пористых насыщенных жидкостью сред.

2. Объекты исследования и методика эксперимента

Для исследований выбраны водный электролит с $\sigma_0 = 0,066 \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$ и водо-нефтяная эмульсия (ВНЭ) обводненностью 30%, которые используют для глушения скважин при их остановке для подземного или капитального ремонта. В качестве реагента, который добавлялся в водный электролит (воду) и ВНЭ, использована многофункциональная водорастворимая композиция НМК-21, которая представляет собой многокомпонентную смесь анионных и неионогенных ПАВ различного химического строения и целевых добавок и обладает лучшими моющими и ингибирующими свойствами по сравнению с реагентами аналогичного действия. Массовая концентрация НМК-21 при добавке в воду и ВНЭ составляла 0,3%, что соответствовало рекомендациям при их использовании для обработки ПЗП [9].

Исследование изменения проницаемости пористых насыщенных жидкостью сред (кернов пород-коллекторов) в результате воздействия на них высоковольтным электрическим разрядом в различных средах проводилось на экспериментальном стенде, структурная схема которого приведена на рисунке 1, подробно описанном в работе [6].

Соотношение геостатического (P_{zc}) и пластового (P_n) (гидростатическое $P_z = P_n$) давлений при исследовании составляло 2:1, что соответствует наиболее

распространенным натурным условиям [10]. Эффективное ($P_{эф}$) (дифференциальное) давление ($P_{zc} - P_n$) равнялось 20 МПа, давление бокового распора (осевой прижим) устанавливали $0,75P_{zc}$.

Для того чтобы режим фильтрации считался автомодельным, использованы условия, найденные Д.А.Эфросом [11]:

$$\frac{\sigma_n}{\Delta P \sqrt{\frac{k}{m}}} \leq 0,6, \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_n}{k|\text{grad}P|} \geq 0,5 \cdot 10^6, \quad (2)$$

где k – проницаемость, м^2 ; m – пористость, %; σ_n – поверхностное натяжение, $\text{Н} \cdot \text{м}^{-1}$; $|\text{grad}P|$ – модуль градиента давления, $\text{Н} \cdot \text{м}^{-3}$.

Соотношения (1) и (2) позволяют по известным методикам оценивать допустимые размеры кернов и перепад давления [8].

Для выполнения исследований были подобраны керны песчаников и карбонатов с одинаковой начальной пористостью m_0 около 15% и проницаемостью k_0 около $3 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$. После загрязнения их АСПО пористость снизилась до 2%, а проницаемость до $0,2 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$.

Керны для исследований были вырезаны из скважинных кернов (прямых круговых цилиндров) перпендикулярно оси. Все керны экстрагировались в экстракторе ЭК-100 по стандартной методике [12]. Затем керн высушивался, взвешивался, вакуумировался и насыщался дистиллированной водой на установке для вакуумирования и насыщения кернов по той же методике [11]. После насыщения керн взвешивался, и определялась его открытая пористость m_n по формуле

$$m_n = \frac{V_n}{V_{kp}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $V_n = m / \rho$ – объем пор, м^3 ; $m = m_1 - m_2$ – масса жидкости в порах, кг; ρ – плотность жидкости, которой насыщен керн, $\text{кг}/\text{м}^3$; V_{kp} – объем керна, м^3 .

$$V_{kp} = \pi D^2 h / 4, \quad (4)$$

где D – диаметр керна, м; h – высота керна, м

Затем керн высушивался при температуре 105°C , взвешивался и насыщался нефтью при вакуумировании. Далее керн высушивали при температуре 70°C постоянного веса, вновь насыщали дистиллированной водой при вакуумировании, взвешивали и определяли пористость «загрязненного» керна по формуле (3).

Керн устанавливался в кернодержатель [6] и определялась его проницаемость по воде согласно линейному закону фильтрации:

$$v_{\phi} = Q/F = k(1/\eta)(\Delta P/L), \quad (5)$$

где v_{ϕ} – скорость линейной фильтрации, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$; Q – объемный расход жидкости в единицу времени, $\text{м}^3\cdot\text{с}^{-1}$; F – площадь сечения керна, м^2 ; η – динамическая вязкость жидкости, $\text{Па}\cdot\text{с}$; ΔP – перепад давления, Па ; L – длина пористой среды, м .

В уравнении (5) способность породы пропускать жидкость характеризуется коэффициентом проницаемости:

$$k = \frac{Q\eta L}{\Delta P F}. \quad (6)$$

Начальная проницаемость керна определялась при фильтрации воды через керн в камеру (депрессия) до стабилизации потока, о чем свидетельствовал установившийся перепад давления на керне, определяемый преобразователем измерительным разности давления Сапфир 22ДД [12].

Изменение проницаемости в результате воздействия реагента определялось при его фильтрации через керн до стабилизации потока. Изменение проницаемости в результате электроразрядной обработки в среде ВНЭ и для сравнения в водном электролите регистрировалось в процессе воздействия до момента стабилизации потока. Комплексное воздействие на керн осуществлялось высоковольтным электрическим разрядом в среде реагента также до момента стабилизации перепада давления (потока через керн).

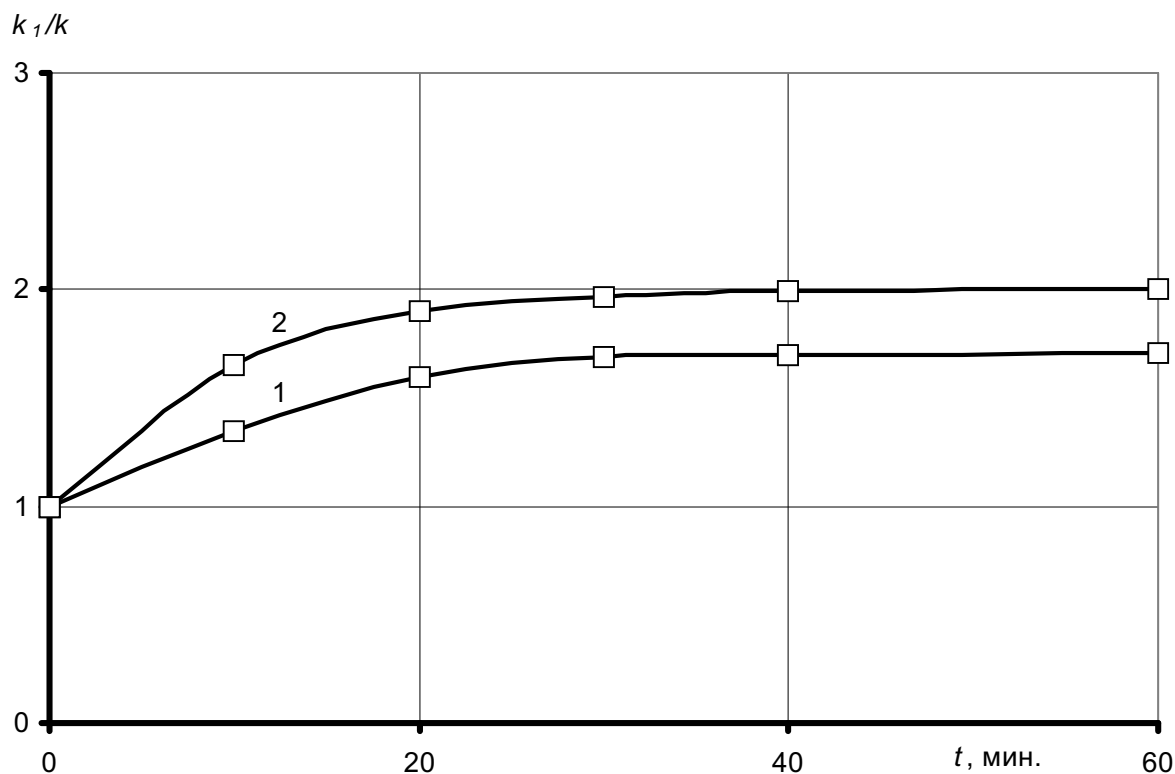
Исследования выполнялись при исходных параметрах экспериментальной установки, близких к номинальным параметрам устройств типа «Скиф»:

- емкость накопительной батареи конденсаторов $C_{EH} = 2,4 \cdot 10^{-6}$ Ф;
- зарядное напряжение $U_s = 3 \cdot 10^4$ В;
- индуктивность разрядной цепи $L = 3 \cdot 10^{-6}$ Гн;
- радиус электрода-анода $r_s = 2 \cdot 10^{-3}$ м.

Гидростатическое давление в камере при исследовании изменения проницаемости составляло 20 МПа, эффективное давление также составляло 20 МПа.

3. Результаты эксперимента

На рисунке 1 представлена динамика изменения проницаемости k_l/k (k – проницаемость загрязненного керна; k_l – проницаемость отмытого реагентом керна) песчаников и карбонатов фильтрацией водного раствора НМК-21. Эти данные подтверждают полученные нами ранее результаты по отмыву кернов от АСПО 0,3% растворами НМК и ВРК (НМК-21 является их улучшенной, с точки зрения ингибирующих свойств, модификацией) [6], стабилизация проницаемости пород происходит примерно через 30 минут (у песчаников) и через 40 минут (у карбонатов) фильтрации. Следует отметить, что фильтрация и воды и ВНЭ через загрязненный АСПО керн, не приводит к увеличению проницаемости, так как отмыв не происходит.

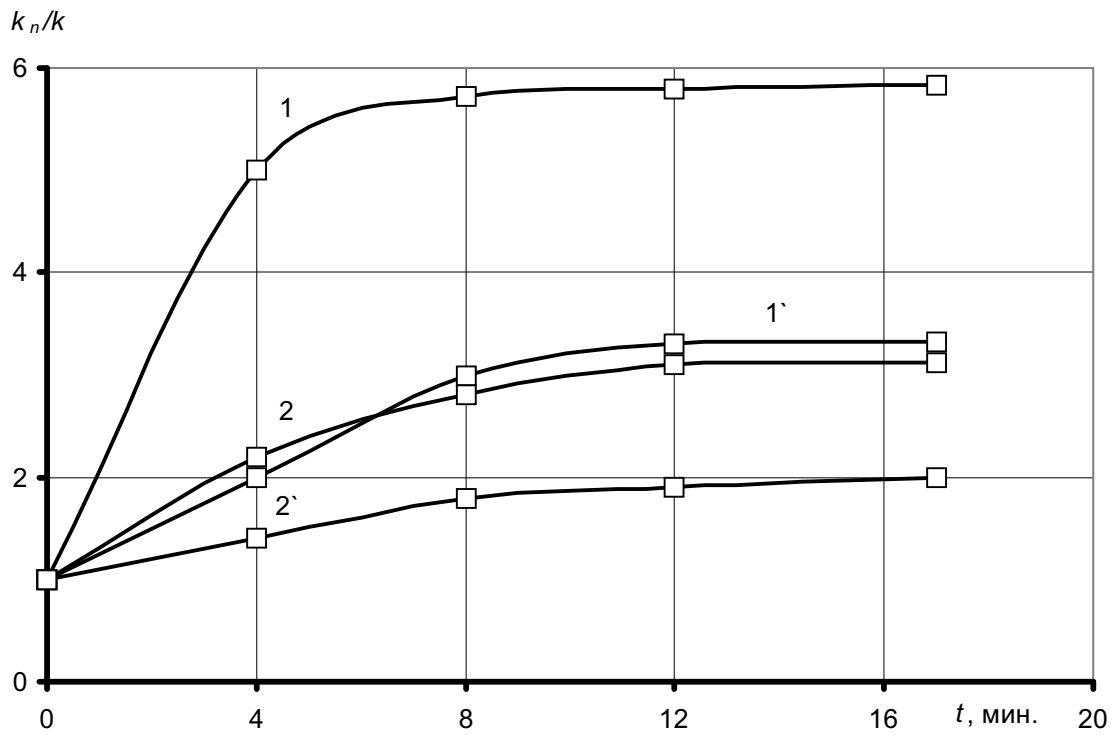


1 – карбонат; 2 – песчаник

Рис. 1 – Динамика изменения проницаемости пород 0,3% раствором НМК-21

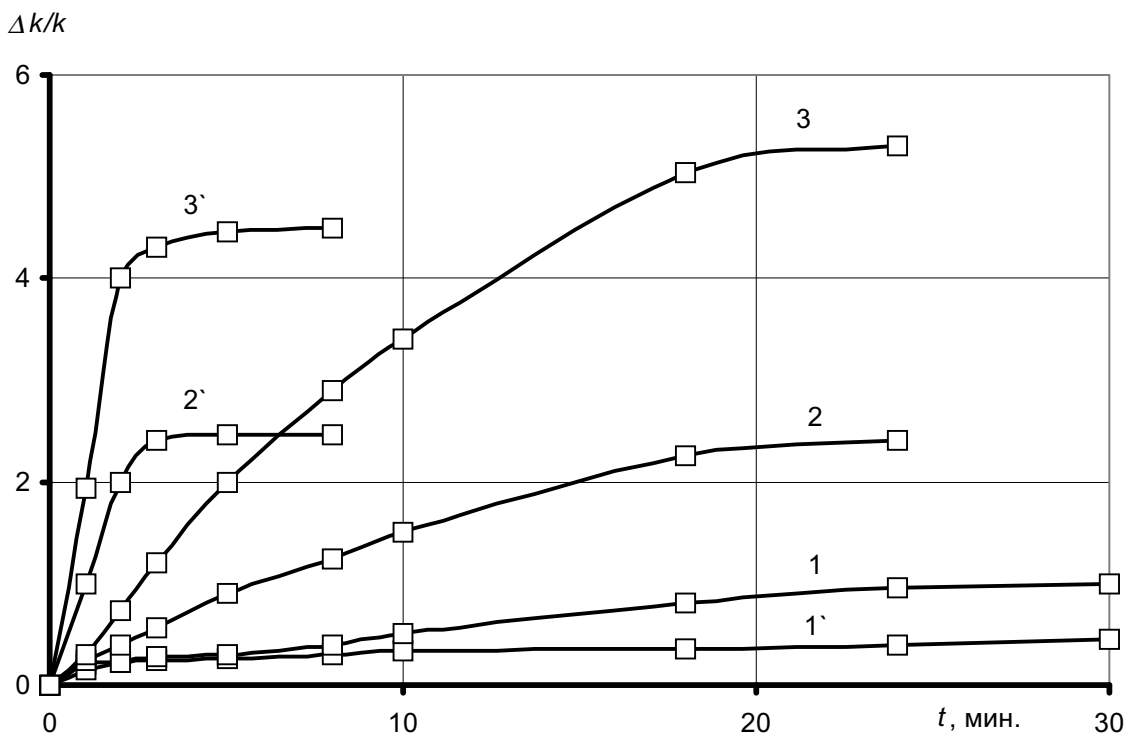
Возможности изменения проницаемости k_n/k (k_n – проницаемость после электроразрядной обработки) песчаников и карбонатов при высоковольтном электрическом разряде (ЭР) в воде и ВНЭ представлены на рисунке 2. Как видно из представленных зависимостей, использование в качестве рабочей среды ВНЭ позволяет существенно (в 2 раза для песчаников и 1,5 раза для карбонатов) повысить эффективность электроразрядного воздействия, по сравнению с водой. Возможности электроразряда совсем незначительно (~ на 35%) выше реагентной обработки.

Комплексное воздействие электрического разряда и реагента (водного раствора НМК-21), используемого в качестве рабочей среды, приводит к синергетическому эффекту в увеличении проницаемости пород, что наглядно представлено на рисунке 3, где $\Delta k/k = (k_n - k)/k$. Как видим из этого рисунка, эффект от комплексного воздействия в 2 раза превысил сумму эффектов для каждой составляющей. Динамика изменения проницаемости песчаников и карбонатов при комплексной обработке электрического разряда в среде 0,3% водного раствора НМК-21 представлена на рисунке 4.



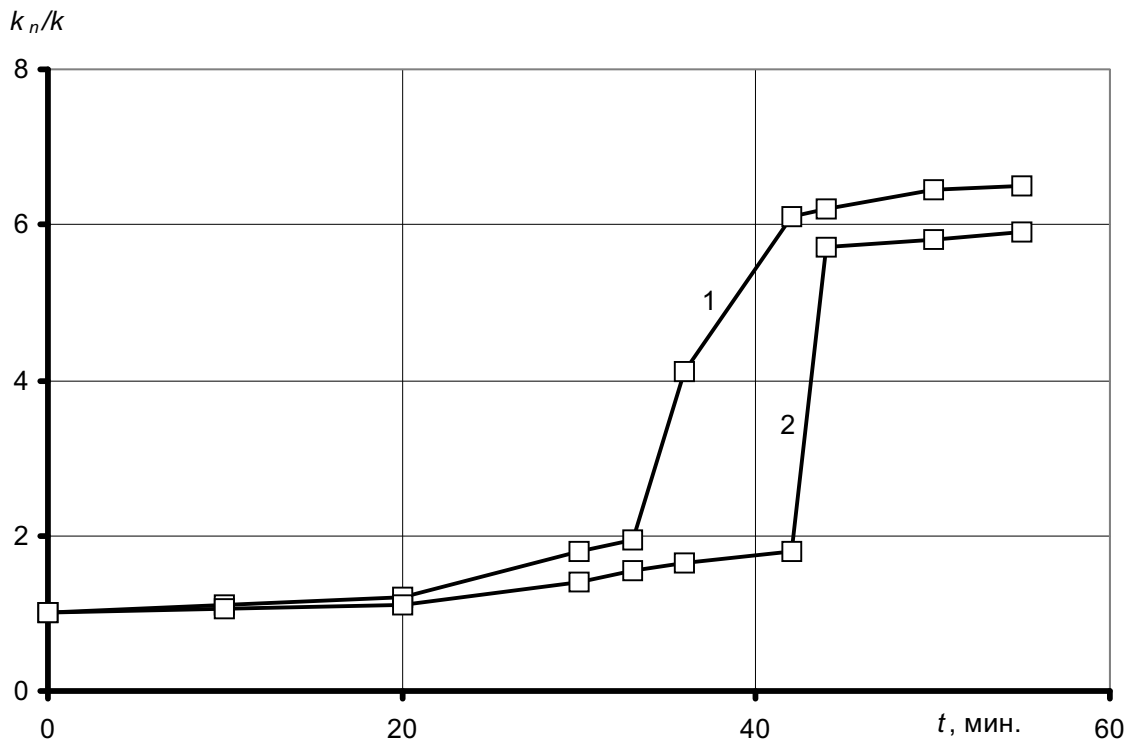
1, 2 – песчаники; 1', 2' – карбонаты; 1, 1' – ВНЭ; 2, 2' – вода

Рис.2 – Динамика изменения проницаемости пород при ЭР



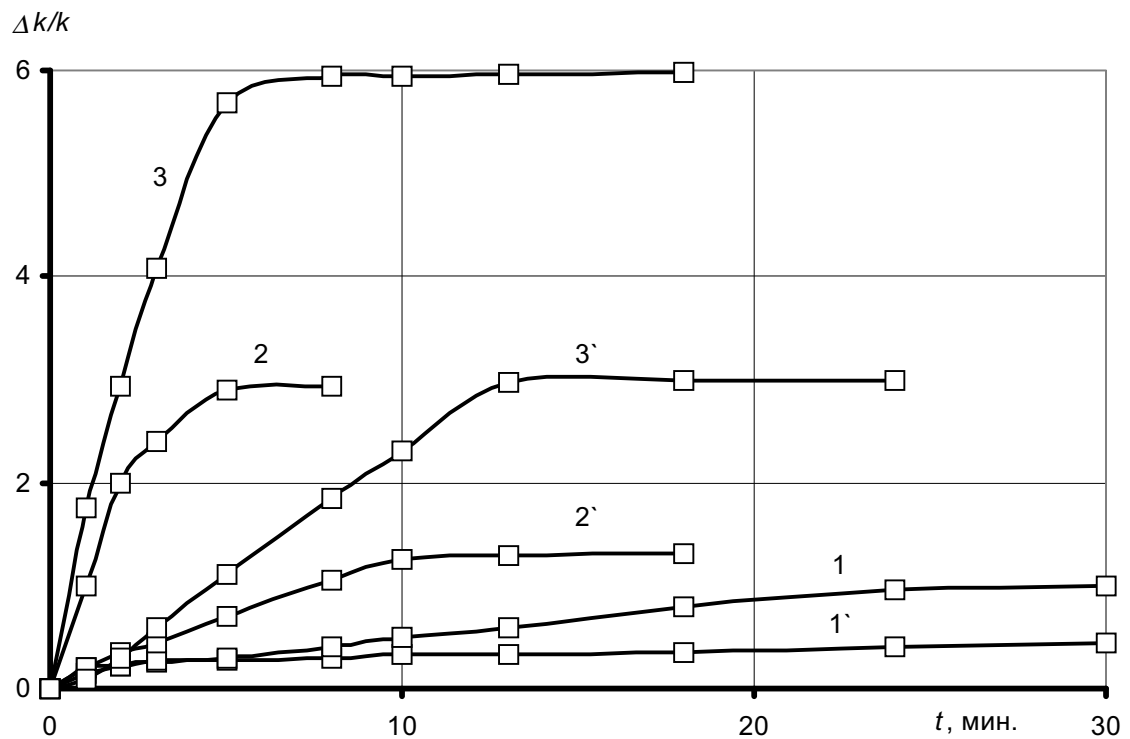
1, 2, 3 – песчаник; 1', 2', 3' – карбонат;
 1, 1' – 0,3% водный раствор НМК-21; 2, 2' – ЭР; 3, 3' – комплексное воздействие

Рис.3 – Изменение проницаемости песчаников и карбонатов при комплексном воздействии



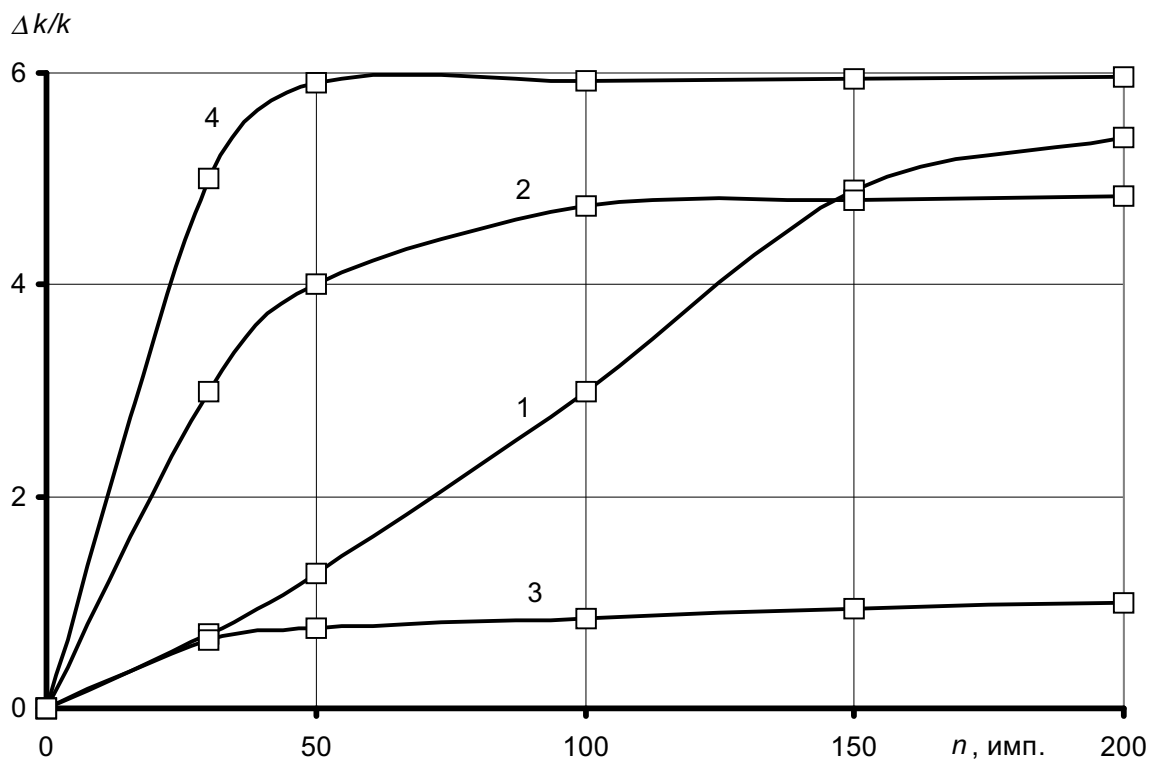
1 – песчаник, ЭР + водный раствор НМК-21; 2 – карбонат, ЭР + водный раствор НМК-21

Рис.4 – Динамика изменения проницаемости пород при комплексном воздействии



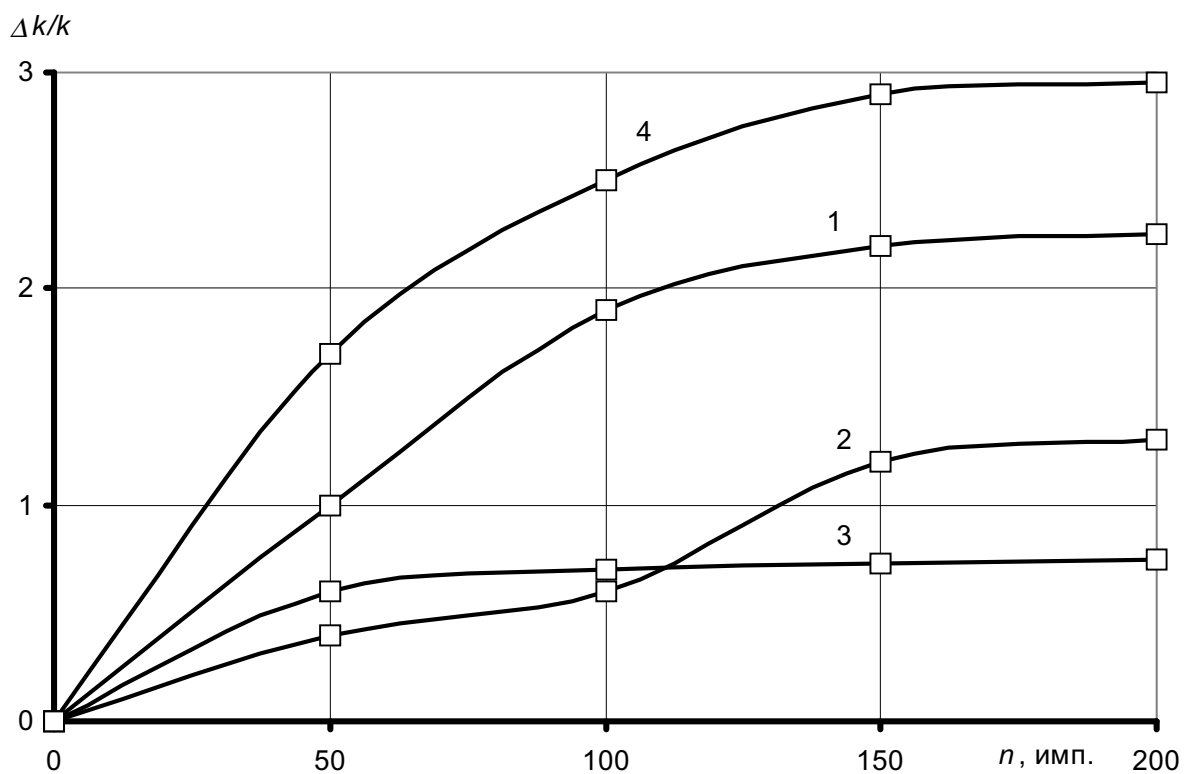
1, 2, 3 – песчаники; 1', 2', 3' – карбонаты;
 1, 1' – 0,3% водный раствор НМК-21; 2, 2' – ЭР в ВНЭ; 3, 3' – ЭР в ВНЭ+НМК-21

Рис.5 – Изменение проницаемости песчаников и карбонатов при комплексном воздействии



1 – 0,3% водный раствор НМК-21; 2 – ВНЭ; 3 – вода; 4 – ВНЭ+НМК-21

Рис.6 – Изменение проницаемости песчаников при ЭР в различных средах



1 – 0,3% водный раствор НМК-21; 2 – ВНЭ; 3 – вода; 4 – ВНЭ+НМК-21

Рис.7 – Изменение проницаемости карбонатов при ЭР в различных средах

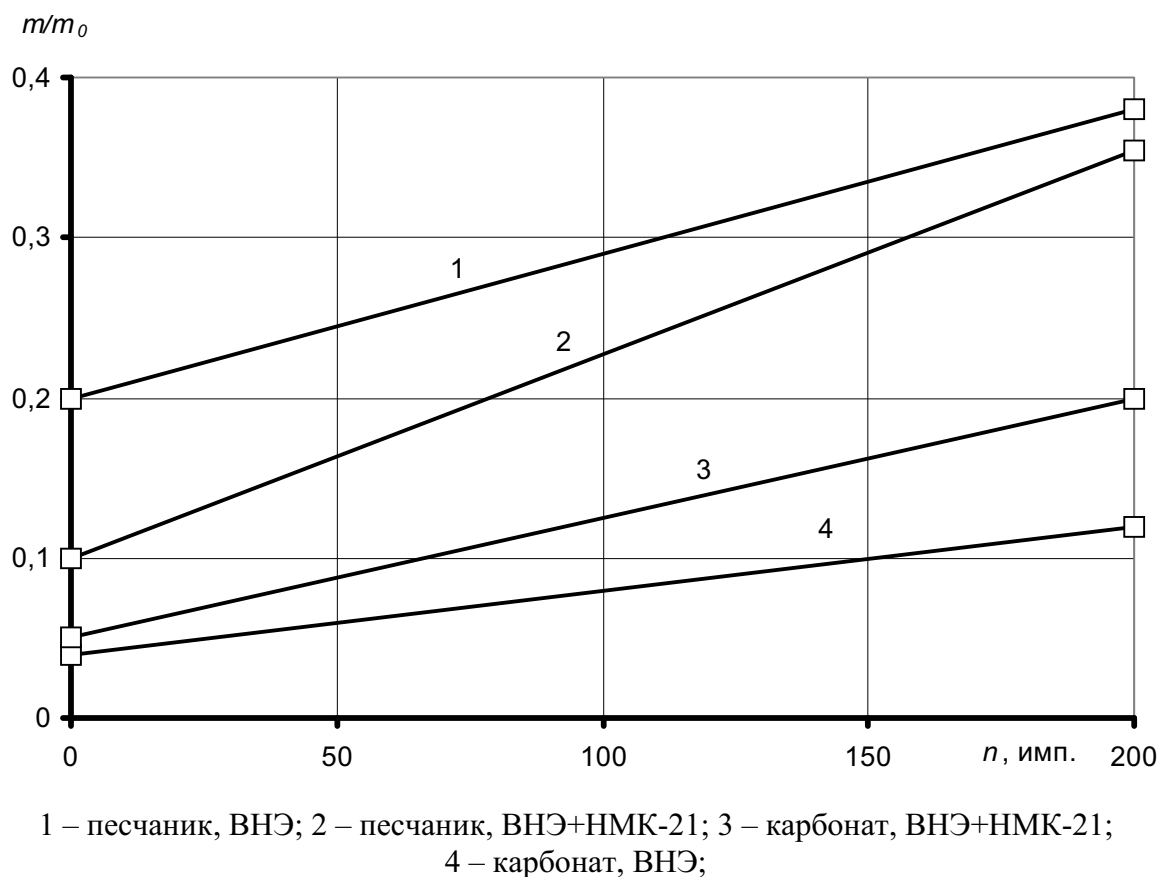


Рис.8 – Зависимость изменения пористости от числа импульсов в ВНЭ и ВНЭ+НМК-21

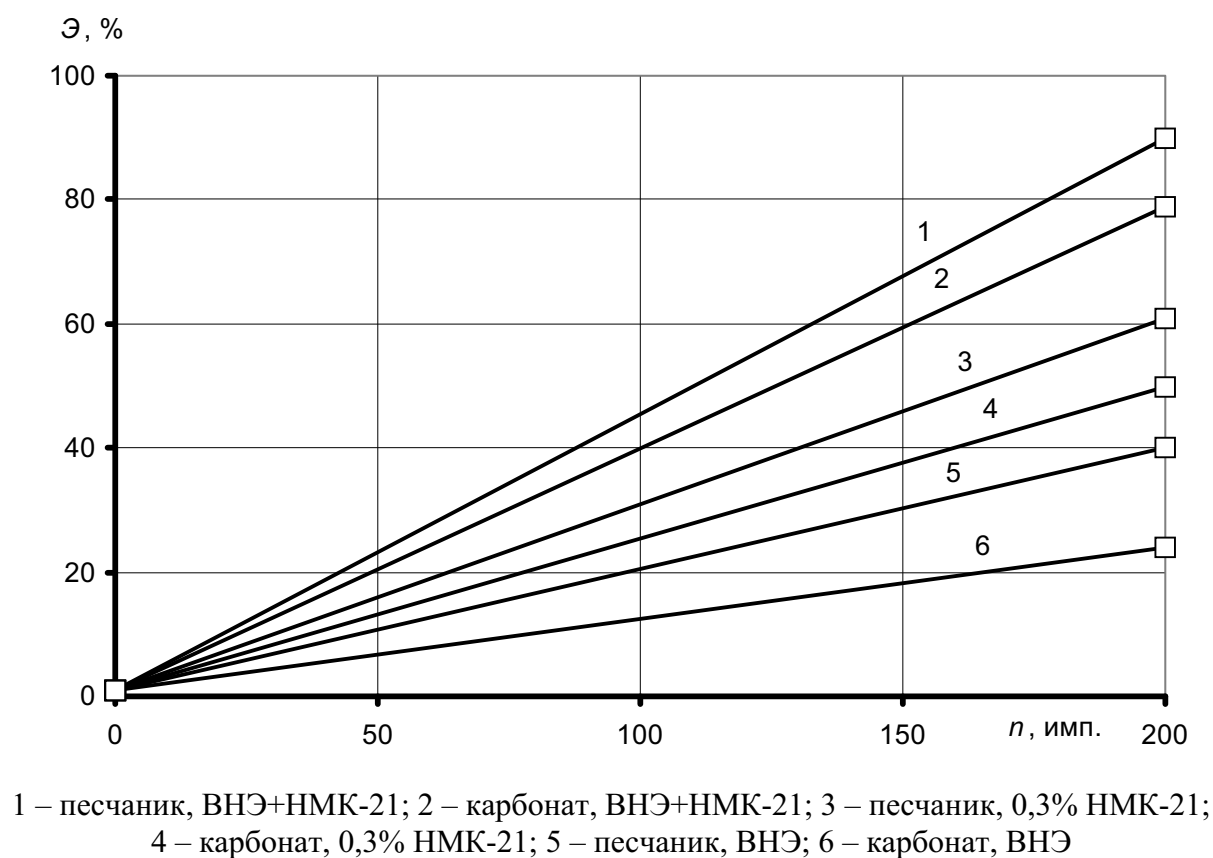


Рис.9 – Эффективность изменения пористости кернов при ЭР в различных средах

Эффект синергизма сохраняется и при добавке НМК-21 в ВНЭ (рисунок 5), причем абсолютные значения проницаемости и скорость ее роста в этом случае выше, чем в водных растворах НМК-21, ВНЭ и тем более воде (рисунки 6 и 7).

Наиболее существенные изменения пористости у песчаников (до 3 раз) и карбонатов (до 2,5 раз) наблюдаются при комплексной обработке в среде реагента добавленного в ВНЭ (рисунок 8).

Наиболее объективно эффективность метода оценивается по возможности восстановления пористости $\mathcal{E} = (m_n/m_0 \cdot 100\%)$, m_n , m_0 – соответственно конечная и начальная (до загрязнения) пористость. Как следует из рисунка 9, наибольшая эффективность восстановления пористости наблюдается в среде ВНЭ с добавкой НМК-21.

Такое изменение пористости может свидетельствовать о том, что при неравномерном нагружении пористой среды раствором ПАВ происходит перестройка ее структуры за счет искусственно созданной пористости. Как известно [13, 14], такое разуплотнение породы называется дилатансионным.

О том, что импульсное неравномерное нагружение способствует развитию дилатансионного разуплотнения, свидетельствует изменение проницаемости породы, которая значительно и необратимо увеличивается (см. рисунки 6 – 7). Из этих графиков следует, что в случае использования растворов ПАВ деформационный процесс сразу начинается в направлении разуплотнения, т.к. проницаемость и песчаников, и карбонатов возрастает с началом деформирования. Изменение проницаемости при дилатансионном разуплотнении носит необратимый характер. Характер изменения проницаемости при электроразрядном воздействии в любых средах свидетельствует о том, что при каждом последующем импульсном нагружении механические характеристики породы должны существенно отличаться от начальных. Поэтому в дальнейшем целесообразно провести исследования влияния динамических нагружений пород электроразрядом на ее физико-механические свойства.

4. Обсуждение результатов

Выполнив анализ результатов исследований можно обосновать факторы, способствующие проявлению синергетического эффекта в изменении фильтрационных характеристик пород-коллекторов при комплексном воздействии высоковольтного электрического разряда в растворах ПАВ.

Прежде всего к этим факторам следует отнести активацию раствора ПАВ при высоковольтных электрических разрядах в результате газообразования и последующего пенообразования в результате перемешивания в присутствии пенообразователя (неионогенных ПАВ) [7]. Представленные в этой работе результаты по электроразрядной обработке 0,3% раствора НМК-21, в результате которой отмыва АСПО достигает 90%, были подтверждены результатами по восстановлению пористости кернов до 90% (см. рисунок 6.9). Известно, что отмыв АСПО улучшается в результате лучшей адсорбции ПАВ на твердой поверхности, чему могут способствовать пузырьки пены.

Подтверждением этому факту также служит увеличение эффекта изменения проницаемости пород при добавке 0,3% раствора НМК-21 в ВНЭ (см. рисунки

5 – 6). В среде ВНЭ газообразование начинается практически с первых же импульсов, за счет разложения среды плазменным каналом.

Молекулы пенообразователя, адсорбируясь на газовых пузырьках укрепляют гидратные слои у оболочки пузырька, что приводит к увеличению механической стойкости оболочек пузырьков и препятствует их разрушению при столкновении пузырьков. При перемешивании газожидкостной среды при наличии в ней пенообразователя происходит ее вспенивание. Пузырьки пены сразу попадают в поры породы вместе с фильтрационным потоком и адсорбируются на поверхности пор, покрытых АСПО.

Ввиду того, что значение потенциала ионизации u_i атомов углерода $u_i(\text{C}) \approx 11,3$ эВ меньше по сравнению с атомами кислорода и водорода $u_i(\text{H}) \approx u_i(\text{O}) \approx 13,6$ эВ, а также меньше средняя энергия разрыва связей С-Н, С-С ($W_{\text{C-C-H}} \approx 90$ ккал/моль, $W_{\text{C-H}} \approx 100$ ккал/моль) [15], процентное соотношение газовой фазы за счет контакта с плазмой канала разряда в углеводородной среде выше, чем в воде. С этим, видимо, связан и тот факт, что скорость изменения проницаемости кернов в среде ВНЭ+НМК-21 выше, чем в водных растворах НМК-21 (см. рисунки 6 и 7).

Следующим важнейшим фактором, приводящим к синергетическому росту фильтрационных характеристик пород коллектора, является импульсный возвратно-поступательный характер воздействия активированного ПАВ. Волна давления на этапе сжатия направляет раствор ПАВ в пористую среду, а на этапе разряжения эта жидкость движется в обратном направлении. Такое многократное возвратно-поступательное движение раствора стимулирует отмыв отложений, так называемый эффект «стирки», способствующий созданию синергетического эффекта в пористых насыщенных средах.

Немаловажное значение в создании синергетического эффекта оказывает снижение поверхностного натяжения на контакте сред при электроразрядной обработке растворов ПАВ [7]. В результате снижения поверхностного натяжения на контакте сред увеличивается гидрофильность зерен породы и проникающая фильтрационная способность раствора ПАВ в самых плотных материалах.

Ранее, в работе [16] мы отмечали существенную зависимость изменения проницаемости от амплитуды импульса давления в среде водных электролитов и в ВНЭ. Поэтому обосновывали, что волны сжатия являются основным механизмом воздействия на пористую насыщенную среду в электроразрядной технологии.

Однако использование в качестве рабочей среды растворов ПАВ вносит изменение в эти представления. В процессе выполнения исследований было установлено, что при $P_2 = 20$ МПа (при котором выполнены исследования на кернах) амплитуда давления в водном растворе НМК-21 несколько (~ 20%) ниже, чем в воде и существенно (~ 40%) ниже, чем в ВНЭ. Однако изменения проницаемости пород (см. рисунки 6 и 7) при электроразряде в водном растворе НМК-21 выше, чем в воде (в 5 раз для песчаников и в 3 раза для карбонатов), и чем в ВНЭ (на 20% для песчаников и 50% для карбонатов). Это может служить

подтверждением того, что электроразрядная активация ПАВ при комплексном воздействии является основным фактором, способствующим проявлению синергетического эффекта.

Насыщение породы жидкостью из скважины (ВНЭ+ПАВ) существенно влияет и на ее механические характеристики. Это влияние заключается не только в том, что поровое давление определяет величину эффективных напряжений, приводит к изменению объема порового пространства и проницаемости породы, но также в том, что в условиях насыщения существенными становятся факторы, имеющие физическую или химическую природу [17]. Один из них – возникновение сложных поверхностных явлений на границе раздела фаз (прежде всего, адсорбции). Появление адсорбционного слоя в порах и микротрещинах вызывает расклинивающий эффект, приводящий к уменьшению сопротивления пород деформированию и разрушению. Это можно объяснить тем, что насыщающая жидкость принимает активное участие в деформационном процессе, воспринимая значительную часть внешнего давления.

Важным фактором, влияющим на механические свойства насыщенных пород, является химическая активность насыщающего флюида. Жидкость, которая проникает в поровое пространство породы, адсорбируется на свободных поверхностях микро- и макротрещин и вступает во взаимодействие с минеральным веществом, приводя к гидратации его поверхности с образованием двойного электрического слоя.

Если адсорбция носит нелокализованный характер (в нашем случае циклического импульсного воздействия), то молекулы насыщающего флюида (адсорбата) могут проникать в вершины дефектов структуры, стремясь раздвинуть их берега и способствуя таким образом работе внешних сил. Понятно, что с увеличением толщины двойного электрического слоя, характеризуемого электрокинетическим потенциалом, расклинивающее действие увеличивается, и снижение прочности породы оказывается более существенным.

Установленное существенное изменение пористости (см. рисунки 8 и 9) позволяет высказать гипотезу о дилатансионном разуплотнении породы. Как известно, прирост пористости численно равен необратимой составляющей объемной деформации разуплотнения, и проницаемости породы [14]. Влияние пористости породы на ее проницаемость велико, т.к. коэффициент проницаемости породы не линейно возрастает с ростом пористости. Для оценки этого влияния наиболее часто применяется формула Козени-Кармана

$$k_n = 0,0055d_0^2 \frac{m^3}{(1-m)^2}, \quad (7)$$

где k_n – коэффициент проницаемости, m^2 ; d_0 – эффективный диаметр пор породы, m ; m – пористость, %.

Согласно этой формулы, зависимость проницаемости от пористости более кубической параболы. Следовательно, изменение пористости в результате отмыва отложений является наиболее эффективным регулятором проницаемости.

В свою очередь перестройка структуры породы за счет дополнительно созданной пористости в результате насыщения породы жидкостью оказывает наибольшее влияние на дилатансионное разуплотнение породы.

Очевидно, что вопросы, связанные с изменением физико-механических свойств пород, сорбционных процессов, электрокинетического потенциала на границе раздела твердой и жидкой фаз при комплексном воздействии высоковольтного электрического разряда и растворов ПАВ требуют дальнейшего изучения.

Однако уже на этом этапе ясно, что выбор рабочей жидкости для высоковольтного электрического разряда имеет первостепенное значение. Так как использование в качестве рабочей жидкости среды, являющейся химически активной к виду отложений в породе, способствует значительному расширению возможностей использования электроразрядной технологии интенсификации притока нефти в скважину.

5. Выводы

На основании проведенных исследований можно сформулировать основные факторы, которые способствуют созданию синергетического эффекта в изменении фильтрационных пород при электроразрядном воздействии в среде растворов ПАВ:

- активация растворов ПАВ в результате газообразования и пенообразования (при наличии в составе реагента пенообразователя) при высоковольтных электрических разрядах;

- переменное давление (сжатие-разряжение) в растворах ПАВ, фильтруемых в пласт, стимулирует эффект отмыва пор от отложений и способствует увеличению зоны охвата воздействием;

- адсорбция активированного ПАВ на породе способствует снижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз жидкость – твердое тело (стенки фильтрационных каналов) и увеличивает проникающую фильтрационную способность раствора ПАВ;

- адсорбция активированного ПАВ на отмытой от АСПО породе препятствует последующему росту кристаллов АСПО и прилипанию их к поверхности, способствуя увеличению времени эффекта воздействия;

- адсорбция активированного ПАВ на кристаллах АСПО в нефти, находящейся в порах, приводит к разрушению ее структурного каркаса, улучшая ее подвижность при фильтрации (снижается предельное напряжение сдвига, напряжение сдвига и динамическая вязкость);

- адсорбция активированного ПАВ в порах и микротрещинах, способствует созданию расклинивающего эффекта за счет импульсного насыщения фильтруемой средой и дилатансионному разуплотнению породы за счет перестройки ее структуры при образовании дополнительной пористости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сизоненко О.Н., Швец И.С. О возможностях использования высоковольтного электрического разряда для интенсификации притока нефти в скважину // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов.– Днепропетровск: Ин-т геотехнической механики НАН Украины. – 2001.– Вып. 25.– С.79–85.

2. Сизоненко О.Н., Швец И.С. Особенности электроразрядной технологии интенсификации фильтрационных процессов в нефтяных коллекторах // Современные проблемы электрофизики и электродинамики жидкостей. – Санкт-Петербург: НИИ, 1988. – С.137-139.
3. Сизоненко О.Н., Швец И.С., Кучернюк А.В. Применение электроразрядного воздействия для обработки добывающих и нагнетательных скважин // Нефтяное хозяйство.- 2000.- №12.- С.133-135.
4. Кузнецов О.Л., Ефимова С.А. Применение ультразвука в нефтяной промышленности /– М.: Недра, 1983.– 190 с.
5. Вахитов Г.Г., Симкин Э.М. Использование физических полей для извлечения нефти из пластов. – М.: Недра, 1985.– 230 с.
6. Сизоненко О.Н., Шерстнев Н.М. Особенности изменения фильтрационных характеристик пород-коллекторов при реагентно-импульсном воздействии // Нефтяное хозяйство.- 2001.- №4.- С.49-51.
7. Влияние высоковольтного электрического разряда в растворах ПАВ на их моющее и ингибирующее действие / О.Н. Сизоненко, Р.П. Колмогорова, Э.И. Тафтай и др. // Нефтяное хозяйство.- 2003.- №2.- С.53-55.
8. Гиматудинов Ш.К., Ширковский А.И. Физика нефтяного и газового пласта.- М.: Недра, 1982.- 311 с.
9. Гурвич Л.М., Шерстнев Н.М. Многофункциональные композиции ПАВ в технологических операциях нефтедобычи. – М.: ВНИИОНГ, 1991. – 276 с.
10. Григорян Г.Г. Вскрытие нефтегазовых пластов стреляющими перфораторами.- М.: Недра, 1982.- 263 с.
11. Эфрос Д.А., Оноприенко В.П. Моделирование линейного вытеснения нефти водой // Вопросы подземной гидродинамики и разработки нефтяных месторождений: Сб. науч. трудов.- М.: ВНИИнефть.- 1958.- Вып. XII.- С.20-25.
12. АКЖ 2.580.000ТО Аппаратура для исследования кернов АКМ-Коллектор. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / НПО “Нефтехимавтоматика”, МОПЗ «НЕФТЕКИП», 1986.- 125 с.
13. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов.- М.: Стройиздат, 1971.- 367 с.
14. Михалюк А.В. Торпедирование и импульсный гидроразрыв пластов.- Киев: Наук. думка, 1986.- 208 с.
15. Энергии разрыва химических связей. Потенциалы ионизации и сродство к электрону.- М.: Наука, 1974.- 351 с.
16. Исследование зависимости фильтрационных характеристик коллекторов от воздействия электрического разряда в водонефтяной эмульсии / О.Н. Сизоненко, А.Д. Любимов, О.Н. Денисюк и др.// Нефтяное хозяйство.- 2002.- №1.- С.43 – 45.
17. Желтов Ю.П. Деформация горных пород.- М.: Недра, 1966.- 198 с.

УДК 622.537.86

А.Д. Алексеев, Т.А. Василенко, Н.И. Волошина МЕТАН В ИСКОПАЕМЫХ УГЛЯХ

Доведено, що метан у вугіллі знаходиться в трьох фазових станах: у вільному – у відкритих і закритих порах, в адсорбованому на поверхні і виді твердого розчину в органічній масі вугілля. Сорбція метану вугільною речовиною відбувається шляхом утворення фази по типі твердого розчину; взаємодія молекул метану з вугільною речовиною в цьому випадку істотніше, ніж взаємодія молекул метану між собою.

METHANE IN FOSSIL COALS

Is proved that in coals the methane can exist in the three phase states, namely the free state in accessible and closed pores, the adsorbed one on the surface and in the form of solid solution in the organic mass of coal. It can be stated that the coal substance sorbs methane with the formation of a solid solution type phase; in this case, the interaction of methane molecules with coal substance is more essential than the intermolecular interaction.

Мировые запасы угля по сравнению с нефтью и газом позволяют утверждать, что он остается основным энергоносителем. Переход к добыче его в ряде стран на большие глубины (например, в Украине – до 1400 м), к сожалению, привел к увеличению числа таких вредных явлений, приводящих иногда к гибели шахтеров, как внезапные выбросы угля и газа и взрывы метаноугольной