

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

© А.С.Стреков, Е.Н.Мамалов, Г.С.Сабырбаева, И.Н.Яковлева, 2013

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ ВО ВРЕМЕНИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ ИЗ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ

А.С.Стреков¹, Е.Н.Мамалов¹, Г.С.Сабырбаева², И.Н.Яковлева¹

1 – *Институт геологии НАН Азербайджана*
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 119

2 – *Каспийский государственный университет технологии и*
инжиниринга имени Ш. Есенова
130003, Республика Казахстан, г. Актау, 32 микрорайон

Проведенные ранее исследования показали, что свойства полученной электрохимически активированной воды не являются стабильными во времени и по прошествии некоторого времени они, самопроизвольно изменяясь, становятся такими же, что и до активации. В связи с этим исследовано влияние изменения свойств электрохимически активированной воды во времени на коэффициент извлечения нефти. В качестве параметров, характеризующих изменение свойств электрохимически активированной воды, выбраны водородный показатель рН и межфазное натяжение на границе нефть – электрохимически активированная вода. Исследования проведены с электрохимически активированной водой с тремя значениями рН и межфазного натяжения (мН/м) соответственно: 11; 9,4; 8,7 и 1,1; 5,6; 9,5, полученными за 1, 7, 15 суток. Было установлено, что рост времени изменения свойств электрохимически активированной воды и соответственно уменьшение межфазного натяжения снижает величину коэффициента извлечения нефти из пористой среды. Для уменьшения негативного влияния изменения свойств электрохимически активированной воды во времени на коэффициент извлечения нефти рекомендуется применение комбинированного метода извлечения нефти, в частности метода, основанного на сочетании закачек электрохимически активированной воды и полимерного раствора. Причем чем раньше (при меньшем времени изменения свойств электрохимически активированной воды) применяется закачка полимерного раствора, тем больше значение коэффициента извлечения нефти.

Введение

Дальнейшее повышение добычи нефти связано с внедрением новых методов увеличения нефтеотдачи пластов. Для повышения степени извлечения нефти используются различные физико-химические методы, к числу которых относится и метод извлечения нефти электрохимически активированной водой (Бахир и др., 1981; Салаватов, 2002; Томилов, 2002; Стреков и др., 2010; Стреков и др., 2013). Электрохимически активированную воду получают путем обработки воды или исходных водных разбавленных растворов минеральных солей в катодной или анодной камерах диафрагменного электрохимического реактора. Таким образом, при прохождении

электрического тока через водный раствор анионы Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- и CO_3^{2-} у анода превращаются в нейтральные атомы, отдавая электроны, а у катода катионы Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , получая электроны, также превращаются в нейтральные атомы. Так как это происходит в водной среде, то кроме вышперечисленных ионов в растворе существуют ионы водорода H^+ и гидроксильной группы OH^- . В результате катодное пространство обогащается ионами щелочноземельных металлов и гидроксильной группы, т.е. образуется щелочная среда (катодит), а анодное пространство обогащается ионами кислотной группы (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- и CO_3^{2-}) и водорода, вокруг анода образуется кислая среда (ано-

лит) (Бахир, и др., 1981; Томилов, 2002). Вследствие электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, которое характеризуется аномальными значениями физико-химических параметров, в том числе рН, межфазного натяжения. Это позволяет получить активный водный раствор с щелочными свойствами для воздействия на поровое пространство коллекторов. Затем свойства и реакционная способность электрохимически активированной воды, самопроизвольно изменяясь, становятся такими же, что и до активации, но не сразу, а лишь по прошествии достаточно длительного времени – в общем случае от десятков минут до десятков и даже нескольких сотен часов.

Как отмечается в работе (Томилов, 2002), электрохимическая активация как технологический метод – это получение и последующее использование электрохимически активированной воды в качестве реагента в различных технологических процессах, в частности в нефтедобыче, с целью увеличения нефтеотдачи пластов при экономии энергии, времени и материалов.

Постановка задачи

Исследования показали (Томилов, 2002; Стреков и др., 2010), что свойства воды, подвергнутой электрохимической обработке, определяются составом минеральных солей в исходной воде, а также режимом электрохимического воздействия. Свойства же только что полученных католита и анолита не являются стабильными во времени.

Результаты определения времени изменения свойств электрохимически активированной воды для анолита и католита, полученных из пресной воды (водородный показатель рН=7), приведены в (Стреков и др., 2010). Наиболее интенсивное изменение активности электрохимически активированной воды происходит в первые 12-15 дней, затем свойства анолита и католита в течение длительного времени практически мало меняются. Причем необходимо отметить, что рН и межфазное натяжение на границе нефть – анолит и нефть – католит в течение рассмотренного периода времени не достигают исходных значений для пресной воды.

В работе (Стреков и др., 2013) выполнено исследование извлечения нефти различной

вязкости из модели пласта свежеприготовленной электрохимически активированной водой (католитом). Время от момента приготовления электрохимически активированной воды до ее закачки в модель пласта не превышало 0,5 часа. Длительность извлечения нефти электрохимически активированной водой составляла около двух суток. Исследования коэффициента извлечения нефти (КИН) электрохимически активированной водой проведены без учета времени изменения её свойств.

В свете изложенного, изучение влияния изменения свойств электрохимически активированной воды во времени на коэффициент извлечения нефти из пористой среды с целью эффективного использования при воздействии на призабойную зону скважины и нефтяной пласт представляется чрезвычайно актуальным.

Результаты исследований

Нами исследовано влияние изменения свойств электрохимически активированной воды во времени на коэффициент извлечения нефти с вязкостью 41,2 мПа·с и плотностью 873 кг/м³ из пористой среды с проницаемостью по воде 0,266 мкм².

Экспериментальные исследования были осуществлены на установке, состоящей из линейной модели пласта, поджимок для воды и нефти, баллона со сжатым воздухом, манометров.

Моделью пористой среды служил кварцевый песок с добавлением маршалита, что позволяет получать пористую среду с заданной проницаемостью.

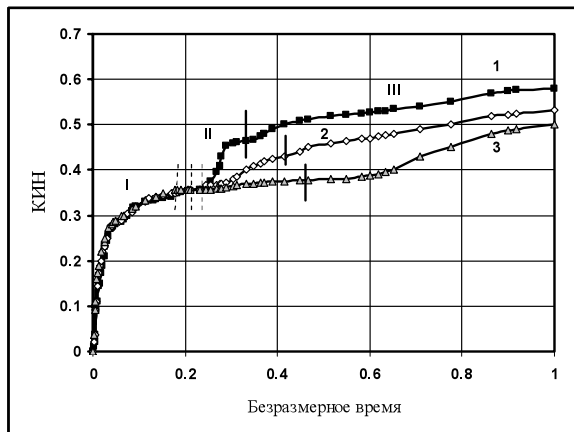
Процесс получения используемой в работе электрохимически активированной воды приведен в работе (Стреков и др., 2010). В качестве параметров, характеризующих изменение свойств электрохимически активированной воды, выбраны водородный показатель рН и межфазное натяжение на границе нефть – электрохимически активированная вода.

Для проведения исследований использована электрохимически активированная вода с тремя значениями рН и межфазного натяжения. Водородный показатель и межфазное натяжение на границе используемая нефть – пресная и электрохимически активированная воды, полученные при изменении этих параметров во времени, приведены в таблице.

Значения рН и межфазного натяжения при изменении свойств электрохимически активированной воды во времени

Параметры электрохимически активированной воды	Пресная вода	Время, сут		
		1	7	15
рН	7,2	11	9,4	8,7
межфазное натяжение, мН/м	27,6	1,1	5,6	9,5

Эксперименты проводились в следующей последовательности. На первом этапе нефть извлекалась пресной водой (на рисунке область I), на втором – электрохимически активированной водой с различными значениями рН и межфазного натяжения (на рисунке область II), на заключительном этапе извлечение остаточной нефти проводилось 0,025% раствором ПАА в пресной воде с вязкостью 2,15 мПа·с (на рисунке область III).



Зависимость коэффициента извлечения нефти водой (I), электрохимически активированной водой с межфазным натяжением 1,1; 5,6; 9,5 мН/м, полученным за 1, 7, 15 сутки (II) и раствором полимера (III) (соответственно кр.1, кр.2, кр.3) от безразмерного времени

Как видно из рисунка, применение электрохимически активированной воды в качестве рабочего агента после заводнения (КИН – 0,356) практически при всех значениях рН и межфазного натяжения приводит к дополнительному извлечению нефти. Связано это с тем, что электрохимически активированная вода имеет щелочную реакцию и, двигаясь по пласту, взаимодействует с кислотными компонентами нефти, т.е. протекает процесс щелочного воздействия. При этом за счет снижения межфазного натяжения проис-

ходит изменение смачиваемости породы, образование эмульсии, что выражается в увеличении фазовой проницаемости для нефти и снижении фазовой проницаемости для воды (Горбунов, Бученков, 1989).

В то же время изменение свойств электрохимически активированной воды во времени существенно влияет на величину КИН из пористой среды. Так, в условиях проведенного эксперимента максимальный КИН (0,464) и дополнительный его прирост после заводнения (0,108) получены при извлечении нефти свежеприготовленной электрохимически активированной водой при времени изменения свойств 1 сут, при извлечении нефти электрохимически активированной водой при времени изменения ее свойств – 7 сут КИН составляет 0,43, а дополнительный прирост – 0,074. Минимальный КИН (0,378) и дополнительный его прирост (0,022) наблюдаются при извлечении нефти электрохимически активированной водой при времени изменения ее свойств 15 сут. Снижение КИН связано с уменьшением межфазного натяжения на границе используемая нефть – электрохимически активированная вода при увеличении времени изменения свойств такой воды и уменьшении эффекта щелочного воздействия (см. таблицу).

Далее была проверена возможность сочетания закачки электрохимически активированной воды при различном изменении ее свойств во времени с последующей закачкой полимерного раствора.

Проведенные исследования показали, что закачка 0,025% раствора ПАА в модель пласта после заводнения и закачка электрохимически активированной воды при различном изменении её свойств во времени приводит к дальнейшему росту КИН. При закачке в модель пласта 0,025% раствора ПАА после применения электрохимически активированной воды с различными физическими параметра-

ми, полученными через 1, 7, 15 суток, КИН достигает соответственно значений 0,58; 0,53; 0,5. Дополнительное извлечение нефти после закачки раствора полимера составляет 0,116; 0,101; 0,122. Связано это с увеличением охвата пласта воздействием. Причем чем раньше (при меньшем времени изменения свойств электрохимически активированной воды во времени) применяется закачка полимерного раствора, тем больше значение КИН.

Заключение

Изменение свойств электрохимически активированной воды во времени существенно влияет на величину коэффициента извлечения нефти из пористой среды. С увеличением времени изменения свойств электрохимически активированной воды с 1 до 15 сут КИН снижается с 0,464 до 0,378, однако он в любом случае выше по сравнению с КИН пресной водой соответственно на 0,108 и 0,022. Такое уменьшение КИН электрохимически активированной водой связано с изменением (увеличением) межфазного натяжения на границе нефть – электрохимически активированная вода во времени. Одной из возможностей уменьшения негативного влияния изменения межфазного натяжения во времени на КИН является применение комбинирован-

ного метода извлечения нефти, основанного на сочетании закачек электрохимически активированной воды и полимерного раствора. Причем чем раньше (при меньшем времени изменения свойств электрохимически активированной воды) применяется закачка полимерного раствора, тем больше значение КИН.

ЛИТЕРАТУРА

- БАХИР, В.М., АТАДЖАНОВ, А.Р., МАМАДЖАНОВ, У.Д., АЛЕХИН, С.А., МАРИАМПОЛЬСКИЙ, Н.А., НАДЖИМИТДИНОВ, А.Х. 1981. Активированные вещества. Некоторые вопросы теории и практики. *Изв. АН Уз.ССР. Сер. техн. наук.* 5, 68-72.
- ГОРБУНОВ, А.Т., БУЧЕНКОВ, Л.Н. 1989. Щелочное заводнение. Недра. Москва. 160с.
- САЛАВАТОВ, Т.Ш. 2002. О возможности применения электрообработки в процессах добычи нефти. *Нефтяное хозяйство*, 2, 65-68.
- СТРЕКОВ, А.С., МАМАЛОВ, Е.Н., МОВСУМЗАДЕ, А.А., ЯКОВЛЕВА, И.Н. 2013. О возможности повышения нефтеотдачи пластов электрохимически активированной водой. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*, 2, 23-26.
- СТРЕКОВ, А.С., МАМАЛОВ, Е.Н., ЯКОВЛЕВА, И.Н., АББАСОВ, В.В. 2010. К вопросу использования электрохимически активированных вод для интенсификации процесса добычи нефти. *Научное обозрение*, 4, 8-13.
- ТОМИЛОВ, А.П. 2002. Электрохимическая активация – новое направление прикладной электрохимии. *Жизнь и безопасность*, 3, 302-307.

Рецензент: д.т.н. Т.Ш.Салаватов