

© Р.А.Мусаев, А.И.Асадов, Р.Г.Аллахвердиева, 2009

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА АДсорбЕНТА НА АДсорбЦИЮ И ДЕсорбЦИЮ ПАВ

Р.А.Мусаев, А.И.Асадов, Р.Г.Аллахвердиева

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп.Г.Джавида, 29А*

В статье рассмотрено влияние минералогического состава пористой среды и полей электрического тока на динамическую адсорбцию и десорбцию различного типа водорастворимых поверхностно-активных веществ.

В качестве адсорбента были использованы чистый кварцевый песок и порода из кирмакинской свиты продуктивной толщи Абшерона, содержащая глинистые и карбонатные минералы. Экспериментально выявлено, что поля постоянного и переменного тока в зависимости от минералогического состава адсорбента по-разному влияют на величину адсорбции и десорбции ПАВ.

Как известно, на вновь открываемых или же разрабатываемых месторождениях Азербайджана возрастает доля высоковязких и по геолого-минералогическим характеристикам трудно-извлекаемых нефтей (Абасов и др., 2007). В связи с этим извлечение нефти из пластов в условиях высокодисперсной системы с большой поверхностью границ раздела фаз и огромным скоплением капиллярных каналов, в которых движутся сильно отличающиеся по вязкостям, образующие мениски взаимно-нерастворимые жидкости, осложняется. При этом их взаимное вытеснение в значительной мере определяется молекулярно-поверхностными явлениями, начиная с межфазного натяжения на границе двух несмешивающихся жидкостей и кончая адсорбцией на поверхности зерен песка нефтяного коллектора.

Известно, что для интенсификации добычи нефти наиболее эффективно применение вторичных и третичных методов, а также физических, химических и физико-химических способов воздействия на призабойную зону скважин.

Внедрение физико-химических методов воздействия на пласт и призабойную зону скважин связано с использованием химических продуктов, адсорбцией их молекул из раствора на поверхность зерен песка нефтяного пласта, их десорбируемостью в процессе разработки, что существенно влияет на эффективность проводимых мероприятий. Исходя из изложенного, большой интерес пред-

ставляет изучение влияния электрического поля и минералогического состава адсорбента на динамику адсорбции и десорбции поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В теоретическом аспекте влияния электрического поля на изменение проводимости среды и дебита добывающих скважин рассмотрено, например, в работах (Симкин, 1979; Кедровский и др., 1986). В работе (Салаватов, 2002) рассмотрено влияние активированной полем постоянного электрического тока пресной воды на коэффициент вытеснения непolarного трансформаторного масла. Отмечается, что в этом случае прирост коэффициента вытеснения углеводородной жидкости из пористой среды – кварцевого песка составляет примерно 20% по сравнению с опытами, проведенными без активизации воды, вытесняющей нефть.

Экспериментально установлено, что наличие внешнего электрического поля оказывает существенное влияние на значение водородного показателя и величину межфазного натяжения водных электролитов, что приводит к увеличению фильтрационной способности пористой среды и коэффициента вытеснения нефти водой (Абасов и др., 2006).

В работе (Абасов и др., 2009) исследовано влияние электрического поля на механизм вытеснения нефти водой. Установлено, что ошутимое влияние поля электрического тока на процесс вытеснения нефти водой из трудно-извлекаемого коллектора происходит

на начальной водной стадии фильтрации. Электрополе в пористой среде способствует взаимодействию водного электролита с кислородными соединениями нефти, в результате чего улучшаются физико-химические характеристики пластовой воды, вытесняющей нефть. Опытнo-промышленное применение технологии электровоздействия на месторождениях "Казахойлэмба" показало, что ее эффективность также зависит и от выбора объекта (Батырбаев и др., 2000).

Эксперименты по адсорбции и десорбции проводились на специально собранной установке, позволяющей производить измерения как в постоянном, так и в переменном электрическом поле, с учетом перепада давления. Корпус модели пласта изготовлен из органического стекла длиной 0,1м и диаметром 0,025м, с объемом пор 20см³. На ее входе и выходе были установлены круглые электропроводящие электроды из нержавеющей стали. В качестве адсорбента был использован кварцевый песок и порода из поверхностного обнажения Кирмакинской долины месторождения Балаханы. Следует отметить, что кирмакинская свита (КС), являющаяся одним из основных объектов разработки продуктивной толщи Абшеронского полуострова, содержит большие запасы неизвлеченной нефти.

В использованных при опытах образцах породы содержание глины и карбонатов составляло соответственно 27,0 и 14,7 %. Во всех опытах вес песка в модели был постоянным. Это давало возможность получить модель пласта с практически равной пористостью (26-27%), проницаемостью (0,3мкм²), что важно для проведения опытов.

В качестве поверхностно-активных веществ использованы неионогенный алфенол, катионоактивный дмабах и анионоактивная сульфокислота. Их растворы приготавливались в дистиллированной воде.

Выбор концентраций химических продуктов при исследованиях имеет большое значение и влияет на эффективность и экономичность проводимых мероприятий. Исходя из этого, 0,05%-ная концентрация ПАВ в дистиллированной воде для проведения опытов по динамической адсорбции определялась на основе критической концентрации мицеллообразования.

В наших экспериментах изменение концентрации растворов ПАВ до и после адсорбции определялось по поверхностному натяжению методом наибольшего давления. Этот метод, несмотря на то, что эти вещества не являются индивидуальными химическими соединениями, широко применяется в практике и дает относительно небольшие расхождения по сравнению с другими известными методами.

На рис.1-3 приведены результаты исследований, где по оси ординат отложены величины адсорбции ПАВ из водного раствора в мг/г, а по оси абсцисс – объем профильтрованных водных растворов ПАВ сквозь модели пористой среды.

На рис.1 показано влияние постоянного и переменного электрического полей с напряжением 50В на величину адсорбции не диссоциирующего на ионы поверхностно-активного вещества алфенола при фильтрации его 0,05%-ного водного раствора через кварцевый песок (кривые 1,2,3) и породы кирмакинской свиты (кривые 4,5,6).

Как видно из представленных кривых зависимостей, с увеличением объема раствора, проходящего через модель, составленную из кварцевого песка, адсорбция молекул алфенола увеличивается и достигает предельных значений.

Сопоставление кривых 1, 2 и 3 показывает, что адсорбционная активность молекулы алфенола зависит от поля электрического тока. При наличии постоянного тока величина предельной адсорбции алфенола уменьшается. При воздействии же на модель пористой среды переменным током адсорбция увеличивается. При этом через адсорбент кварцевого песка потребовалось профильтровать на 2,0 объема пор раствора больше, чем при отсутствии электрического поля. В случае, когда в качестве адсорбента использованы породы кирмакинской свиты, как при наличии, так и при отсутствии электрического поля величины предельных значений адсорбции не были достигнуты. Сопоставление представленных кривых зависимостей показывает, что при фильтрации одного и того же объема раствора величина равновесной адсорбции алфенола породами кирмакинской свиты больше, чем кварцевым песком.

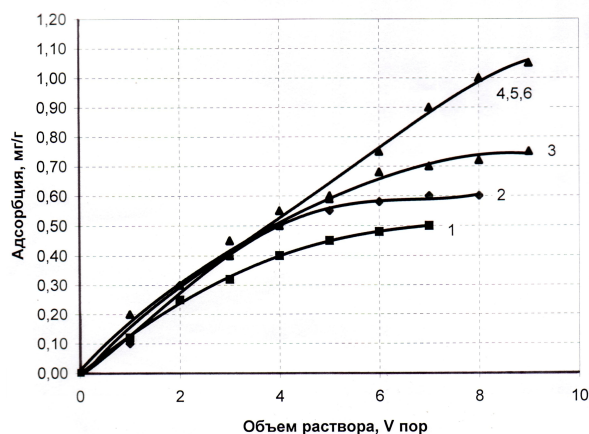


Рис. 1. Влияние постоянного и переменного электрических полей на величину адсорбции алфенола из раствора различными адсорбентами.

Адсорбция при наличии постоянного (1,4), переменного (3,5) и при отсутствии (2,6) тока адсорбентами – кварцем (1,2,3) и породами КС (4,5,6).

Большая его адсорбция из водного раствора адсорбентом – породами кирмакинской свиты связана с высокой удельной поверхностью и наличием в нем глинистых и карбонатных пород. Проведенными исследованиями (Мусаев и др., 1998) показано, что поверхность карбонатных частиц обладает меньшей степенью гидрофильности по сравнению с кварцем. Кроме того, карбонатные частицы обладают естественными микротрещинами. Наличие последних сильно увеличивает удельную поверхность.

Как видно из данных, приведенных на рис.1, течение постоянного и переменного токов практически не влияет на величину равновесной адсорбции алфенола на поверхности зерен пород кирмакинской свиты.

На рис.2 представлены изотермы адсорбции в случае фильтрации через кварцевый песок и породы кирмакинской свиты 0,05%-ного раствора катионоактивного дмабаха. Сопоставление этих изотерм показывает, что максимальная предельная адсорбция дмабаха на кварцевом песке наблюдается при воздействии на модель постоянным электрическим полем. При закачке 5, 10, 15 и 20 объемов пор раствора его адсорбция составила соответственно 0,6; 1,1; 1,4; 1,6 мг/г породы. Очевидно, в сравнении с переменным током при воздействии на модель постоянным электрическим полем улучшается и ускоряется сближение положительных зарядов молекул дмабаха на поверхности кварцевого песка. В случае же, когда в качестве твердого

адсорбента была использована порода кирмакинской свиты при наличии и отсутствии электрических полей предельные значения адсорбции дмабаха из его 0,05%-ного раствора также не были достигнуты. Во всех случаях после фильтрации раствора в количестве 20 объемов пор величина равновесной адсорбции дмабаха практически составляет 2мг/г. Она значительно больше, чем при использовании в качестве адсорбента кварцевого песка. Большую разницу между величинами адсорбции дмабаха кварцевым песком и породами КС можно объяснить наличием в породах глинистых и карбонатных минералов. Кроме того, не исключена химическая адсорбция дмабаха на карбонатных породах и глине, содержащей различные алюмосиликаты.

На рис.3 приведены изотермы адсорбции кварцевым песком и породами КС анионоактивной сульфокислоты из ее 0,05%-ного водного раствора. Сопоставление изотерм адсорбции показывает, что в отсутствие и при наличии постоянного и переменного электрического полей высокая адсорбция наблюдается на поверхности пород кирмакинской свиты.

Результаты полученных экспериментальных данных показывают, что динамика адсорбции ПАВ из его раствора на поверхности адсорбента, содержащего карбонатные и глинистые минералы, при прочих равных условиях практически не зависит от полей электрического тока.

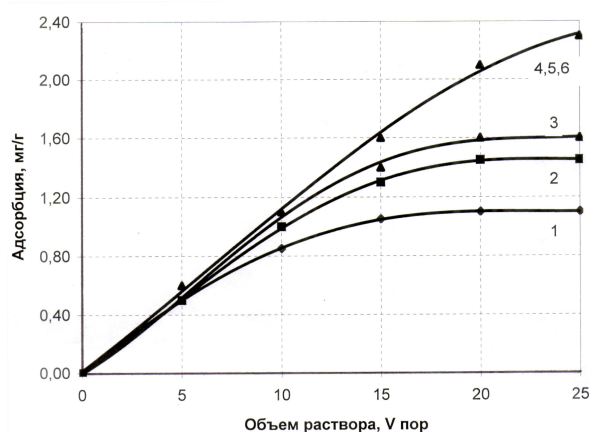


Рис.2. Влияние переменного и постоянного электрических полей на величину предельной адсорбции дмабаха из раствора различными адсорбентами.

Адсорбция при наличии постоянного (3,4), переменного (2,5) и при отсутствии (1,6) тока адсорбентами – кварцем (1,2,3) и породами КС (4,5,6).

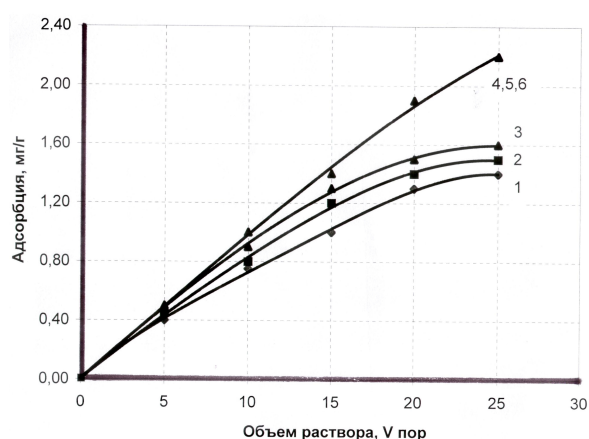


Рис. 3. Влияние переменного и постоянного электрических полей на величину предельной адсорбции сульфокислоты из раствора кварцевым песком.

Адсорбция при наличии постоянного (2,4), переменного (3,5) и при отсутствии (1,6) тока адсорбентами – кварцем (1,2,3) и породами КС (4,5,6).

Опыты по изучению влияния электрического поля на десорбцию адсорбированного

ПАВ фильтрацией дистиллированной воды при перепаде давлений 0,01МПа проводились на модели пласта из кварцевого песка и пород кирмакинской свиты.

Спустя сутки после достижения предельных или же равновесных величин адсорбции растворов ПАВ через модели фильтровалась дистиллированная вода; при этом происходила десорбция адсорбированных ПАВ (табл.1 и 2). Анализ полученных результатов показывает, что десорбируемость молекулы неионогенного алфенола в условиях постоянного и переменного токов с поверхности адсорбента кварца увеличивается соответственно на 9,5 и 12,8%. При этом стабилизированная величина десорбции достигается при фильтрации через модель 30 объемов пор воды.

Как показали исследования, во всех случаях адсорбированные молекулы катионо-активного дмабаха практически десорбируются примерно на 36,0%.

Таблица 1

Влияние электрического поля на десорбцию ПАВ с поверхности адсорбента кварца

Десорбирующий ПАВ	Десорбция в разных условиях	Величины десорбции (мг/г) в зависимости от объема профильтрованной ($V_{\text{пор}}$) воды							Величины десорбции из адсорбированных ПАВ, %
		5	10	15	20	25	30	35	
Алфенол	в отсут. тока	0,12	0,22	0,28	0,31	0,31	0,32	0,32	36,5
	при пост. токе	0,12	0,18	0,21	0,23	0,23	0,23	0,23	46,0
	при перем. токе	0,19	0,27	0,34	0,36	0,36	0,37	0,37	49,3
Дмабах	в отсут. тока	0,17	0,28	0,35	0,39	0,39	0,39	0,39	35,4
	при пост. токе	0,19	0,30	0,38	0,53	0,53	0,57	0,57	35,6
	при перем. токе	0,12	0,23	0,35	0,48	0,48	0,55	0,55	37,0
Сульфокислота	в отсут. тока	0,65	0,1	0,13	0,16	0,16	0,17	0,17	13,0
	при пост. токе	0,4	0,76	0,87	0,95	0,95	0,98	0,98	65,3
	при перем. токе	0,38	0,73	0,81	0,90	0,90	0,92	0,92	56,1

Совершенно другой характер носит десорбируемость анионоактивной сульфокислоты. В отсутствие электрических полей ее молекулы с поверхности кварцевого песка при фильтрации 30 объемов пор дистиллированной воды десорбируются лишь на 13%, при наличии постоянного и переменного токов указанная величина десорбции возрастает соответственно в 5 и 4,3 раза.

Несколько иные результаты получены при исследовании влияния электрических полей на десорбируемость изученных поверхностно-активных веществ с поверхности адсорбента, содержащего глинистые и карбонатные породы. Как видно из таблицы 2, при наличии постоянного и переменного электрических полей десорбируемость неионогенного алфенола с поверхности породы КС уменьшается соответственно в 2,39 и 2,22 раза. Сопоставление данных таблиц 1 и 2 показывает, что при отсутствии электрических полей адсорбированные молекулы алфенола по сравнению с кварцем, в большей степени десорбируются с поверхности зерен породы КС.

Из данных по десорбции, приведенных в табл.2, видно, что вещество катионоактивного характера – дмабах как при отсутствии, так и при наличии электрических полей значительно меньше десорбируется с поверхности пород кирмакинской свиты. Не исключено, что в процессе фильтрации раствора дмабаха происходит смешанная адсорбция. При хемосорбции его молекулы путем ковалентных связей образуют поверхностные химические соединения с глинистыми и карбонатными частицами адсорбента кирмакинской свиты. Поэтому десорбируемость адсорбированных молекул дмабаха по сравнению с кварцем с поверхности зерен пород кирмакинской свиты значительно меньше.

В отличие от хемосорбции при физической адсорбции молекулы химических веществ сохраняют свою индивидуальность и удерживаются на поверхности адсорбента Ван-дер-Ваальсовыми силами. В связи с этим при фильтрации растворителя адсорбированные молекулы ПАВ с поверхности адсорбента интенсивно десорбируются.

Таблица 2

Влияние электрического поля на десорбцию ПАВ с поверхности адсорбента кирмакинской свиты

Десорбирующий ПАВ	Десорбция в разных условиях	Величина десорбции (мг/г) в зависимости от объема профильтрованной ($V_{\text{пор}}$) воды										Величина десорбции ПАВ, %
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Алфенол	в отсут. тока	0,1	0,19	0,28	0,35	0,41	0,5	0,55	0,61	0,65	0,70	46,4
	при пост. токе	0,07	0,17	0,25	0,34	0,38	0,44	0,50	0,55	0,58	0,60	19,4
	при перем. токе	0,15	0,26	0,36	0,45	0,50	0,53	0,57	0,62	0,67	0,73	20,9
Дмабах	в отсут. тока	0,09	0,15	0,20	0,25	0,29	0,32	0,34	0,37	0,40	0,42	12,9
	при пост. токе	0,02	0,038	0,066	0,09	0,1	0,12	0,14	0,17	0,19	0,23	5,8
	при перем. токе	0,04	0,06	0,09	0,1	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	4,2
Сульфокислота	в отсут. тока	0,10	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	14,5
	при пост. токе	0,16	0,28	0,35	0,42	0,47	0,52	0,55	0,60	0,62	0,63	30,0
	при перем. токе	0,13	0,21	0,27	0,31	0,35	0,38	0,40	0,41	0,43	0,44	17,6

Исследования, проведенные с растворами анионоактивной сульфокислоты, показали, что наиболее интенсивная ее десорбция с поверхности адсорбента кирмакинской свиты имеет место в случае воздействия на пористую среду постоянным электрическим полем. При наличии переменного тока десорбция снижается примерно на 12,0%.

Выводы

Экспериментально исследовано влияние электрического тока и минералогического состава адсорбента на адсорбцию и десорбцию различного класса водорастворимых поверхностно-активных веществ. При этом установлено:

- течение постоянного и переменного тока через пористую среду, содержащую глинистые и карбонатные породы, практически не влияет на величину динамической адсорбции ПАВ;

- при наличии адсорбента – кварцевого песка поля электрического тока оказывают существенное влияние на адсорбционную активность в зависимости от типа ПАВ, величина адсорбции ионогенных (дмабах и сульфокислота) ПАВ при постоянном и переменном токах увеличивается, а неионогенных (алфенол) при постоянном токе уменьшается;

- десорбируемость молекул неионогенного и анионоактивного ПАВ с поверхности адсорбента кварца в условиях постоянного и переменного токов увеличивается, а величина десорбции катионоактивного ПАВ практически во всех случаях остается постоянной;

- наличие поля электрического тока в адсорбентах, содержащих глинистые и карбонатные породы, способствует уменьшению десорбции неионогенных и катионоактивных

ПАВ, а в случае анионоактивных, наоборот, – увеличению ее величины.

ЛИТЕРАТУРА

- АБАСОВ, М.Т., КОНДРУШКИН, Ю.М., АЛИЯРОВ Р.Ю., КРУТЫХ, Л.Г. 2007. Изучение и прогнозирование параметров сложных природных резервуаров нефти и газа Южно-Каспийской впадины. Нафта-пресс. Баку. 217.
- АБАСОВ, М.Т., МУСАЕВ, Р.А., АСАДОВ А.И., АЛЛАХ-ВЕРДИЕВА, Р.Г. 2006. Исследование влияния электрического поля на повышение эффективности извлечения запасов нефти из сильноглинистых пластов. *Известия НАНА. Науки о Земле*, 2, 75-79.
- АБАСОВ, М.Т., МУСАЕВ, Р.А., АСАДОВ, А.И., АЛЛАХ-ВЕРДИЕВА, Р.Г. 2009. Исследование влияния электрического поля на механизм вытеснения нефти водой. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*, 3, 27-31.
- БАТЫРБАЕВ, М.Д., БУЛАВИН, В.Д., МАРДАНОВ, И.А., РЫБАКОВ, А.Д., СЕЛЯКОВ, В.И. 2000. Результаты применения технологии электровоздействия на месторождениях Казахойлэмба. *Нефтяное хозяйство*, 10, 65-68.
- КЕДРОВСКИЙ, О.Л., ЛЫКИН, М.С., МУСИНОВ В.И., СИМКИН, Э.М. 1986. Исследование влияния электрического поля на фильтрацию нефти в низкопроницаемых пластах. *Нефтяное хозяйство*, 12, 45-48.
- МУСАЕВ, Р.А., ХАЛИЛОВ, Э.Г., ТАИРОВ Н.Д., АСАДОВ А.И., АБУТАЛЫБОВА, Р.Н. 1970. Влияние температуры на адсорбцию и десорбцию ПАВ и нефтеотдачу пластов. В: *Труды Всесоюзного совещания по использованию ПАВ и других химических реагентов в нефтедобывающей промышленности*, IV, Недра, Москва, 65-71.
- МУСАЕВ, Р.А., КЕРИМОВА, Ф.Г., ГАШИМОВ, А.Ф. 1998. Влияние смачиваемости породы на фазовую проницаемость. *Известия НАНА. Науки о Земле*, 2, 64-79.
- САЛАВАТОВ, Т.Ш. 2002. О возможности применения электрообработки в процессах добычи нефти. *Нефтяное хозяйство*, 2, 65-67.
- СИМКИН, Э.М. 1979. Роль электрокинетических явлений в процессах фильтрации. *Нефтяное хозяйство*, 3, 53-56.

Рецензент: д.т.н. А.С.Стреков