

© А.С.Стреков, Ф.М.Агамалиева, Г.М.Эфендиев, 2010

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПОЛИАКРИЛАМИДА, КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ТИПА РАСТВОРИТЕЛЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

А.С.Стреков, Ф.М.Агамалиева, Г.М.Эфендиев

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

В работе установлено, что исследуемые полимерные буровые растворы независимо от концентраций полиакриламида, карбоксиметилцеллюлозы и типа растворителя проявляют псевдопластический характер течения. Реологические характеристики полимерных буровых растворов на основе полиакриламида и карбоксиметилцеллюлозы, приготовленных на пресной воде, в большей степени зависят от концентрации полиакриламида в растворе, чем от концентрации карбоксиметилцеллюлозы. При приготовлении буровых растворов на основе полиакриламида, карбоксиметилцеллюлозы в смеси ацетала и пресной воды их реологические характеристики в большей степени зависят от концентрации карбоксиметилцеллюлозы.

Опыт бурения скважин показал, что одними из основных недостатков применяемых буровых глинистых растворов являются слабые смазочные, ингибирующие свойства и большое содержание твердой фазы, нерегулируемая статическая и динамическая фильтрация дисперсионной фазы.

С целью улучшения качества буровых растворов в последние годы широко используются добавки полимеров в буровые глинистые растворы, полимерные буровые растворы, в которых полимер является компонентом, позволяющим регулировать технологические параметры вышеуказанных буровых растворов в зависимости от фильтрационно-емкостных параметров разбуриваемых пород.

Многообразие геолого-физических условий бурения и вскрытия продуктивных пластов вызывает необходимость разработки различных рецептур полимерных буровых растворов с регулируемыми свойствами. С этой целью буровой глинистый раствор, полимерный буровой раствор готовятся на полимерах, каждый из которых способствует флокуляции частиц разбуриваемой породы, уменьшению степени дисперсности глин, снижению гидравлических сопротивлений при турбулентном режиме течения, повышению устойчивости пород, слагающих стенки скважин. В качестве таких добавок широко используются

полимеры: полиакриламид (ПАА) и карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ). При соединении ПАА и КМЦ образуется полимерная структура, обладающая синергетически увеличенной вязкостью и высокими флокулирующими свойствами по отношению к глинистой породе (Шарипов, 1995), в которой ПАА регулирует вязкостные, флокулирующие, смазывающие свойства и увеличивает устойчивость пород, слагающих стенки скважин, а КМЦ является эффективным стабилизатором свойств полученного раствора. В работе (Шарипов, 1995) исследована динамическая вязкость полимерных систем при различных концентрациях компонентов ПАА, КМЦ и др. Однако в отмеченной работе не исследовано влияние концентрации ПАА и КМЦ, а также свойств используемой при приготовлении бурового раствора жидкости на реологические характеристики получаемой полимерной композиции. В то же время реологические характеристики являются важным свойством, по которому можно судить о бурении скважин с применением растворов с заданными технологическими параметрами и эффективности выноса обломков разбуренной породы буровым раствором.

С этой целью в работе исследованы реологические характеристики полимерной композиции на основе ПАА и КМЦ в зависи-

мости от их концентрации, а также свойств используемой при приготовлении полимерной композиции на основе пресной воды и смеси пресной воды и ацетала.

Ацеталь – органическое соединение состава  $C_6H_{14}O_2$ . Все ацетали представляют собой жидкости с ароматическим запахом, не разлагающиеся водой или щелочами. Использование ацетала для приготовления полимерного бурового раствора основывается на том, что он является селективным специфичным органическим растворителем полимерных реагентов.

Реологические характеристики полимерной композиции были исследованы на ротационном вискозиметре FANN. Исследования на данном вискозиметре были проведены в диапазоне скоростей сдвига  $5,1-1021 \text{ с}^{-1}$  и при температуре  $21^\circ\text{C}$ . В первой серии экспериментов полимерный буровой раствор готовился при концентрациях ПАА и КМЦ соответственно  $0,05 - 0,25$  и  $0,5 - 2,5 \%$  на пресной воде, во второй серии он готовился при концентрациях ПАА и КМЦ соответственно  $0,1$  и  $0,5 - 2,5 \%$ , а в качестве растворителя использовался ацеталь и пресная вода в соотношении  $60:40$ .

Экспериментальные данные как первой, так и второй серии были обработаны согласно степенному закону (Рейнер, 1965):

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n, \quad (1)$$

где  $\tau$  – напряжение сдвига, Па;  $k$  – коэффициент консистенции,  $\text{Па} \cdot \text{с}^n$ ;  $\dot{\gamma}$  – градиент скорости сдвига,  $\text{с}^{-1}$ ;  $n$  – показатель течения раствора.

Результаты обработки первой серии экспериментов сведены в таблицы 1, 2.

Как видно из таблиц 1, 2, независимо от концентрации ПАА и КМЦ полимерные композиции ведут себя как псевдопластические жидкости ( $n < 1$ ). Из табл. 1, 2 также видно, что с увеличением концентрации ПАА для каждой постоянной концентрации КМЦ или концентрации КМЦ для каждой постоянной концентрации ПАА коэффициент консистенции растет, причем более заметнее в первом случае, чем во втором, а показатель течения рас-

твора уменьшается более заметнее во втором случае, чем в первом.

Экспериментальные данные, приведенные в табл. 1, 2, были обработаны по формуле (Уилкинсон, 1964):

$$\mu_k = k \cdot \dot{\gamma}^{n-1}, \quad (2)$$

где  $\mu_k$  – кажущаяся вязкость,  $\text{мПа} \cdot \text{с}$ .

Выявлено, что с увеличением скорости сдвига с  $5,1$  до  $1021 \text{ с}^{-1}$  значения кажущейся вязкости полимерной композиции существенно снижаются (ср. 1, 2, 3 с 1, 2, 3 на рис. 1, 2 а, б). Причем значения кажущейся вязкости полимерной композиции более существенно зависят от концентрации ПАА, чем от концентрации КМЦ (ср. рис. 1 с рис. 2).

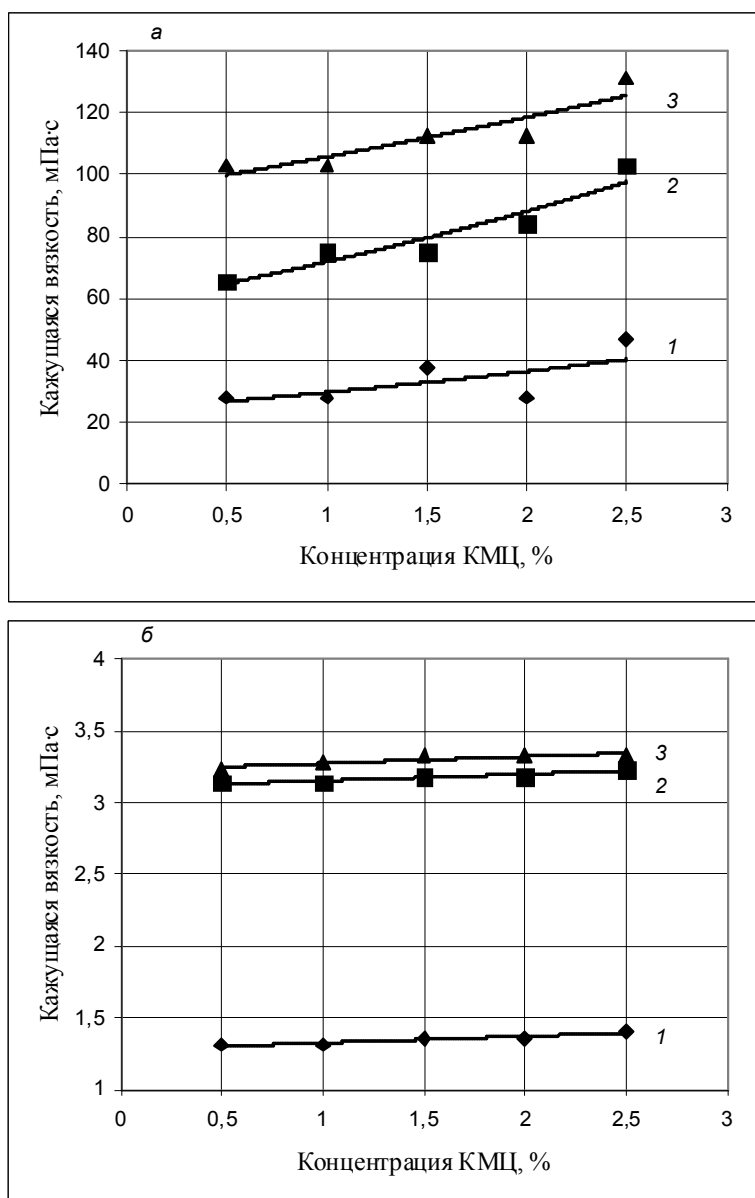
Результаты второй серии экспериментов, обработанных согласно степенному закону (1), приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, и в данном случае независимо от типа растворителя и концентрации ПАА и КМЦ полимерные композиции ведут себя как псевдопластические жидкости ( $n < 1$ ). Из табл. 3 также видно, что с увеличением концентрации КМЦ при постоянной концентрации ПАА независимо от типа растворителя коэффициент консистенции растет, а показатель течения уменьшается. Причем коэффициент консистенции при приготовлении полимерной композиции на пресной воде при всех концентрациях КМЦ выше, чем на смеси ацетала и пресной воды, а показатель течения – ниже.

Результаты второй серии экспериментов, приведенные в таблице 3, были обработаны согласно формуле (2) и представлены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, и в данном случае кажущаяся вязкость полимерной композиции независимо от типа растворителя снижается с увеличением скорости сдвига (ср. значения кажущейся вязкости при скорости сдвига  $1021 \text{ с}^{-1}$  (1, 2) со значениями кажущейся вязкости при скорости сдвига  $5 \text{ с}^{-1}$  (3, 4)). Кажущаяся вязкость полимерной композиции, приготовленной на пресной воде, при всех концентрациях КМЦ в композиции выше, чем вязкость полимерной композиции, приготовленной на смеси ацетала и пресной воды (ср. 1 и 2, 3 и 4).





**Рис. 1.** Зависимость кажущейся вязкости полимерной композиции ПАА и КМЦ от концентрации КМЦ  
*а, б* – соответственно при скорости сдвига 5,1; 1021  $\text{с}^{-1}$   
 1, 2 и 3 – концентрация ПАА соответственно 0,05; 0,15 и 0,25 %

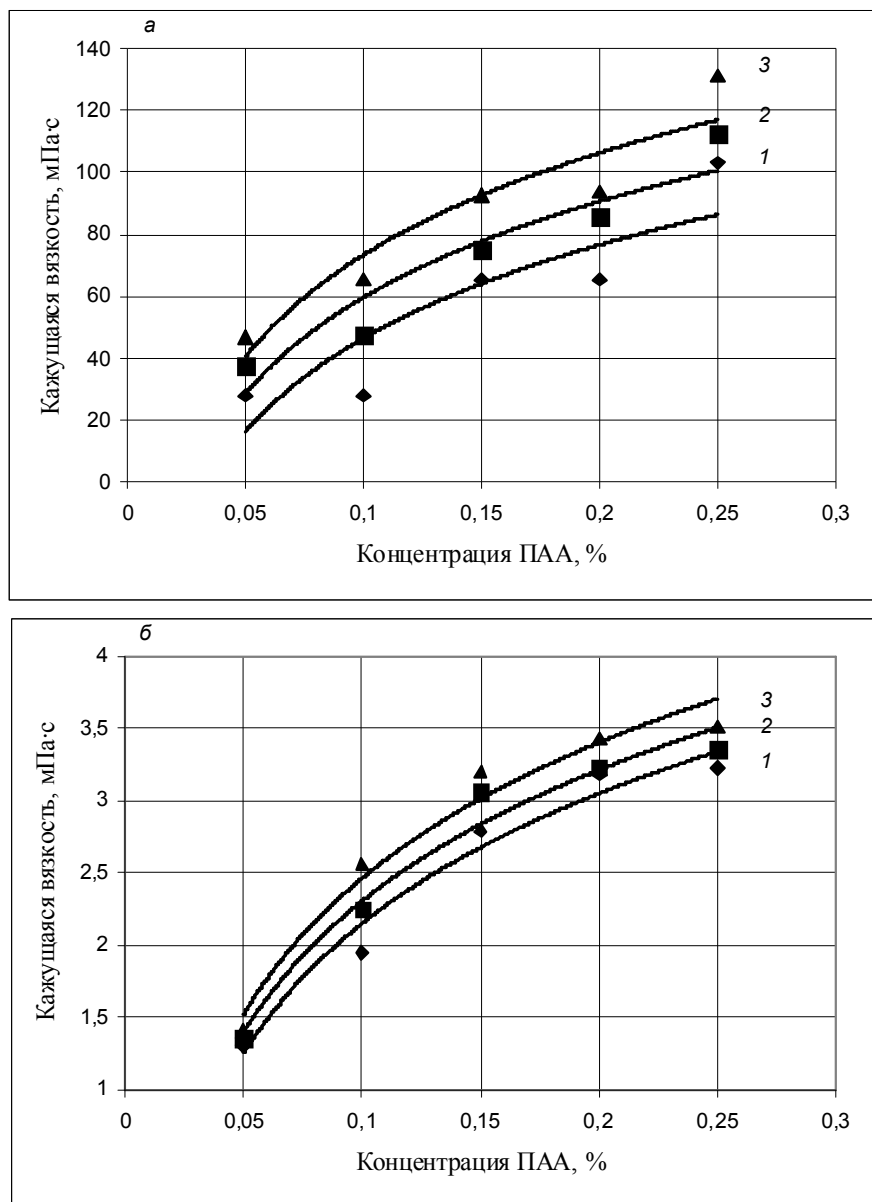
Полученные зависимости реологических характеристик полимерных буровых растворов от концентрации ПАА и КМЦ, а также типа растворителя можно объяснить следующими причинами. При приготовлении полимерного бурового раствора на пресной воде, ПАА и КМЦ образует агрегативно-неустойчивая система. В связи с тем, что ПАА лучше растворяется в воде, КМЦ находится в системе в более агломерированном состоянии и реологические характе-

ристики полимерного бурового раствора в большей степени зависят от концентрации ПАА, чем КМЦ. Если же полимерный буровой раствор готовится на смеси ацетала и пресной воды, то в данном случае в связи с тем, что КМЦ лучше растворяется в ацетале, чем ПАА происходит уменьшение дисперсности частиц КМЦ и образуется более агрегативно-устойчивая дисперсная система, свойства которой уже в большей степени определяются концентрацией КМЦ. В

результате изменения свойств КМЦ из-за его лучшего растворения в ацетале происходит уменьшение вязкости бурового раствора по сравнению с вязкостью раствора, приготовленного на пресной воде при тех же концентрациях ПАА и КМЦ.

Таким образом, изучение реологических характеристик полимерных буровых растворов на основе ПАА и КМЦ при различных растворителях показало, что данные полимерные растворы при всех рассмотрен-

ных концентрациях ПАА и КМЦ и растворителей проявляют псевдопластические свойства. Реологические характеристики буровых растворов на основе ПАА, КМЦ и пресной воды в большей степени зависят от концентрации ПАА в растворе, чем от концентрации КМЦ. В случае приготовления буровых растворов на основе ПАА, КМЦ в смеси ацетала и пресной воды их реологические характеристики в большей степени зависят от концентрации КМЦ.



**Рис. 2.** Зависимость кажущейся вязкости полимерной композиции ПАА и КМЦ от концентрации ПАА  
*a, б* – соответственно при скорости сдвига 5, 1; 1021 с<sup>-1</sup>  
 1, 2 и 3 – концентрация КМЦ соответственно 0,5; 1,5 и 2,5 %

Таблица 3

Зависимость реологических констант растворов полимерной композиции от концентрации ПАА 0,1 % и КМЦ 0,5-2,5 %, приготовленных на пресной воде, ацеталь + пресная вода в соотношении 60:40

Тип растворителя	Реологические константы	Концентрация полимера				
		ПАА				
		0,1				
		КМЦ				
		0,5	1	1,5	2	2,5
Вода	$k$	0,497	0,7419	1,0315	1,3228	1,6493
	$n$	0,4078	0,4168	0,3979	0,403	0,391
Вода+ацеталь	$k$	0,2489	0,6084	0,8507	1,1887	1,4148
	$n$	0,5943	0,4724	0,4314	0,4068	0,3945

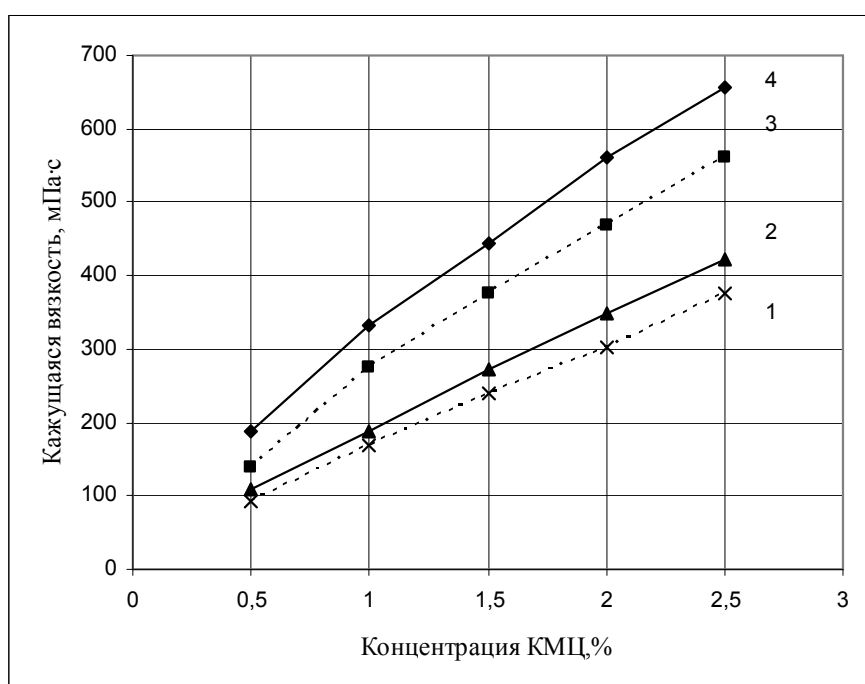


Рис. 3. Зависимость кажущейся вязкости полимерной композиции ПАА и КМЦ, приготовленной на пресной воде (2,4) и смеси ацетала и пресной воды в соотношении 60:40, от концентрации КМЦ 1,2 – скорости сдвига  $1021 \text{ с}^{-1}$ ; 3,4 –  $5,1 \text{ с}^{-1}$

Знание реологических характеристик и характера течения полимерных буровых растворов в зависимости от скорости сдвига при различных концентрациях ПАА и КМЦ, а также типа растворителя позволяет получать полимерные буровые растворы с заданными свойствами и эффективно бурить скважины в различных геолого-физических условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- ШАРИПОВ, А.У. 1995. Проектирование и регулирование основных показателей бурения глубоких скважин. ВНИИОЭНГ. Москва. 278.
- РЕЙНЕР, М. 1965. Реология. Наука. Москва. 224.
- УИЛКИНСОН, У.Л. 1964. Неньютоновские жидкости. Мир. Москва. 216.