



УДК 622.245.6+622.257.12

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДОБЫЧИ ПОПУТНОЙ ВОДЫ ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКОВ



CONTROL OF WATER PRODUCTION BY APPLYING THE TECHNOLOGY FOR RESTRICTING WATER RESOURCES

Байрамов Эльман Эйваз оглы
старший инженер,
SOCAR, НИПИ «Нефтегаз»
elman.bayramov.70@mail.ru

Bayramov Elman Eyvaz ogly
Senior engineer,
SOCAR, NIPI «Neftegaz»
elman.bayramov.70@mail.ru

Аннотация. Данная статья о водной эрозии из-за межпластовых перетоков различной интенсивности. Около 25 % нефтяных и газовых скважин в мире подвергаются водной эрозии. Генерация потока в трубопроводе при эксплуатации нефтяных и газовых скважин в целом снижает эффективность разработки месторождения. Как правило, происходит поток цементного камня, контактирующего с породой, что, скорее всего, связано с отсутствием адгезии между цементом и породой из-за наличия на поверхности глинистой оболочки. Результатом исследования является то, что компоненты, содержащиеся в указанном количестве упаковочного раствора, повышают прочность цементного камня, улучшают адгезионные свойства и повышают их устойчивость на сжатие.

Annotation. This article is about water erosion due to interstratal flows of different intensities. About 25% of oil and gas wells in the world undergo water erosion. The generation of flow in the pipeline during the operation of oil and gas wells generally reduces the efficiency of field development. As a rule, there is a flow of cement stone in contact with the rock, which is most likely due to the lack of adhesion between cement and rock due to the presence of a clay shell on the surface. The result of the study is that the components contained in the indicated amount of packaging solution increase the strength of the cement stone, improve the adhesion properties and increase their compressive strength.

Ключевые слова: тампонажный раствор, производительность скважины, полимер, призабойная зона, цементный камень, адгезия, порода.

Keywords: cement slurry, well productivity, polymer, bottom-hole zone, cement stone, adhesion, rock.

По мере перехода месторождений в поздние стадии эксплуатации наблюдается рост обводненности продукции скважин, что требует применения технологий ограничения водопритоков (ОВП). Сегодня работы по ОВП включает перечень разнообразных технологий – от классического цементирования до применения двухпакерных компоновок и новейших химических реагентов.

Сегодня в мире на добычу барреля нефти приходится от 3 до 10 баррелей попутно добываемой воды (ПДВ). В условиях месторождений Азербайджана этот показатель составляет 15 баррелей. Обводненность скважин повсеместно растёт, средний показатель уже достиг более 80 %, а на отдельных месторождениях уровень обводненности продукции скважин доходит до 98 %. На сборы, подготовку и сбросы балластовой воды уходят колоссальные средства и тратятся ежедневно огромные средства на подобные мероприятия. В ряде случаев расходы на переработку ПДВ становятся сопоставимы со стоимостью добываемой нефти, что делает эксплуатацию скважин нерентабельной. Как минимум более половины фонда добывающих скважин сегодня требует проведения ремонтно-изоляционных работ (РИР).

Эффективность эксплуатации нефтяных и газовых скважин в основном зависит от методов и материалов крепления колонн. Качественное цементование обеспечивает долговечность эксплуатации скважины и, соответственно, стабильность добычи нефти и газа. Известно, что одной из основных особенностей оценки крепления скважины является сила контакта цементного камня с породой, обеспечивающая плотность заколонного пространства. Как показывает практика, ввиду того что, линия контакта цементного камня располагается непосредственно на породе, между породой и глинистой корой образуются заколонные и внутрислойные потоки [1–5].

Целью исследовательской работы является изучение влияния различных концентраций водного раствора полиэтиленового полиамида (РЕРА) на свойства тампонажного раствора и цементного камня.

С целью проверки адгезионной способности цемента марки М400 с эксплуатационной колонной и твердой породой, в лабораторных условиях были проведены исследования с использованием водно-цементного раствора в соотношении 1 : 2 при температуре 25 °С, 50 °С и 75 °С.

Сила адгезии была исследована путем вертикального погружения в тампонажный раствор гладкого стального стержня диаметром 20 мм на глубину 10 см и последующего извлечения его путем вытягивания через 24 и 48 часов после полного затвердевания раствора. Результаты лабораторных исследований указано на рисунке 1.

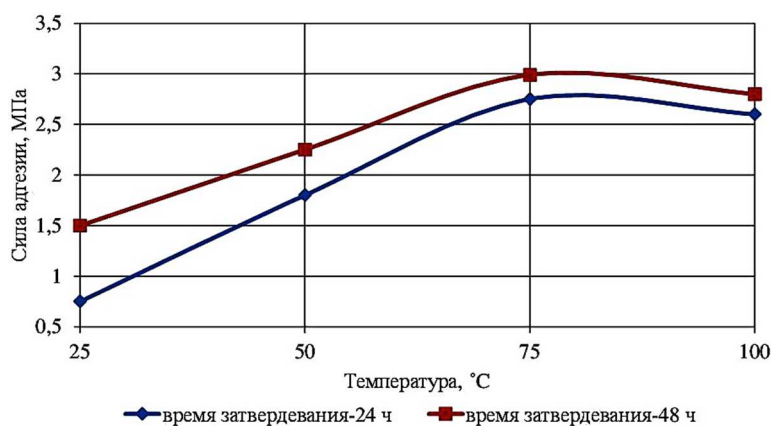


Рисунок 1 – Зависимость адгезии цементного раствора, изготовленного из цемента марки М400 и стальным стержнем от времени затвердевания раствора и температуры

Это выражается уравнениями, приведенными ниже:

Сила адгезии через 24 часов:

$$P_{adg} = -0,0005t^2 + 0,086t - 1,15.$$

Сила адгезии через 48 часов:

$$P_{adg} = -0,0004t^2 + 0,066t + 0,05.$$

Как видно на рисунке, сила адгезии возрастает с увеличением температуры и времени затвердевания. При повышении температуры среды свыше 75 °С, сила адгезии уменьшается как с повышением температуры так и с увеличением времени затвердевания. При увеличении температуры нагревания цементного камня от 25 °С до 50 °С сила адгезии возрастает от 1,5 МПа до 2,4 МПа, при повышении температуры от 50 °С до 75 °С сила адгезии возрастает от 2,4 МПа до 2,8 МПа; при повышении температуры от 75 °С до 100 °С сила адгезии возрастает от 2,8 МПа, с 3 МПа. Как видно силы адгезии постепенно снижается до 0,9; 0,4; 0,2 МПа, и по достижении 100 °С сила адгезии резко уменьшается. Это объясняется различием в коэффициентах теплового расширения цементного камня и металлического стержня.

Проведенные исследования показали, что цемент марки М400 полностью соответствует требованиям по изоляции воды и креплению призабойной зоны скважины. Однако, требуется повышение прочности цементного камня к изгибу и сжатию, увеличение его адгезивной способности и эластичности. При использовании в глубоких скважинах с высоким уровнем температуры пластов, цементный камень должен сохранять свои физико-механические свойства после проведения операций по закреплению призабойной зоны скважин и предотвращению залива внутрискважинных продуктов. С целью улучшения этих характеристик цемента марки М400 были проведены эксперименты с добавлением к нему различных количеств полимерной пены РЕРА. При этом использовались смесь жидкость-цемент в соотношении 1:2 и давление 0,1 МПа. На первом этапе лабораторных исследований в качестве жидкости для приготовления растворов использовался водный раствор полимерной пены РЕРА, взятый в различных количествах. Эксперименты проводились при температуре 25 °С. При приготовлении образцов тампонажного раствора количество полимера составляло от 1–6 % от количества требуемой жидкости. Результаты исследования представлены на рисунке 2.

Как видно на рисунке, с увеличением количества полимера в смеси, увеличивается время начала и завершения схватывания, в то время как с повышением температуры время начала и завершения схватывания сокращается.

При использовании 1 %-ого полимерного тампонажного раствора время начала схватывания составляет 8 ч 15 мин, тогда как при использовании 6 %-ого полимерного раствора это время составляет 10 ч 30 мин. Время окончательного схватывания 1 %-ого полимерного раствора составляет 10 ч 30 мин; а 6 %-ого раствора – 16 часов. Это выражается нижеприведенными уравнениями:

- начало схватывания ($t = 25\text{ °C}$) $t_{нач} = 0,063C^2 + 0,11C + 8,1$;
- конец схватывания ($t = 25\text{ °C}$) $t_{кон} = 0,23C^2 - 0,34C + 9,7$.

Устойчивость образцов камней, изготовленных из цементно-полимерного раствора к изгибу и сжатию, зависит от количества полимера и температуры. Это указано на рисунке 3 и выражается уравнениями, приведенными ниже:

$$t = 25\text{ °C } \sigma_{изг} = -0,086C^2 + 0,5C + 4,4;$$

$$t = 25\text{ °C } \sigma_{сж} = 0,144C^2 + 0,93C + 8,6.$$

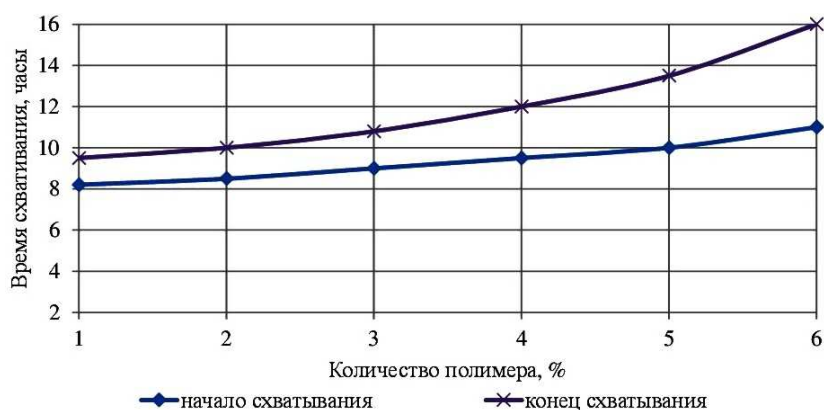


Рисунок 2 – Зависимость времени схватывания тампонажного раствора от количества полимера и его температуры

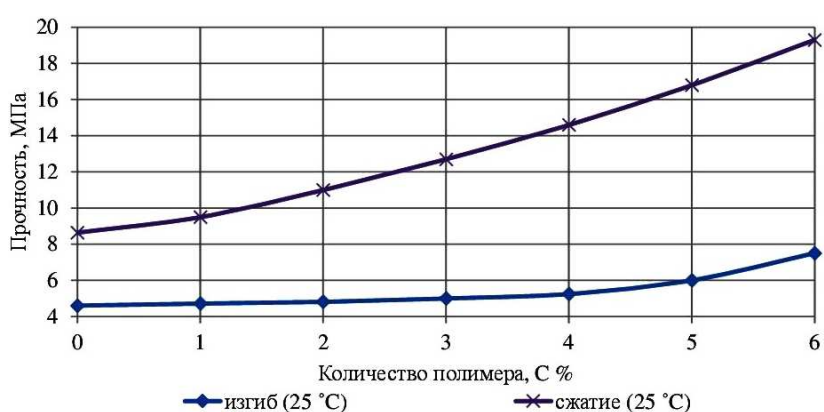


Рисунок 3 – Зависимость прочности камня, изготовленного из цемента марки М400 в соотношении вода-цемент 1:2, от количества полимера и температуры

Как видно на рисунке 3, при содержании в смеси до 4 % полимера при $T t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ устойчивость цементного камня у изгиба и сжатию снижается на 7,1 % и 2,6 % соответственно. При содержании полимера в смеси до 5–6 % показатель устойчивости снижается на 10,5 % и 11,5 % соответственно.

Эта закономерность сохраняется и при повышении температуры среды.

В таблице приведена зависимость изменения проводимости полимера от его количества и температуры через 48 часов после затвердевания раствора.

Таблица – Изменение показателей тампонажного раствора и цементного камня от количества полимера и температуры

№№	Количество компонентов, %			Время схватывания, часы-минуты		Прочность камня после 48 часов, МПа		Проницаемость камня $k \text{ мкм}^2$
	цемент	вода	полимер	начало	конец	изгиб	сжатие	
$P = 0,1 \text{ МПа}, t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$								
1	66	35	1	7–55	10–25	4,3	11,1	0,180
2	66	31	3	8–30	11–20	4,5	11,5	0,182
3	66	30	4	9–10	13–10	4,6	11,8	0,185
4	66	29	5	9–55	15–50	3,8	10,4	0,189
5	64	30	6	10–35	18–45	3,7	10,0	0,192

Как видно из таблицы, по мере увеличения количества полимера в смеси увеличивается проницаемость цементно-полимерного камня, а по мере повышения температуры среды снижается проницаемость.

Одним из основных показателей цементного камня, 4 % которого состоит из полимера РЕРА, является его устойчивость к разрушению. Эта особенность обусловлена сравнительно большой эластичностью цементно-полимерного камня.



Опытным путем в лаборатории была проверена устойчивость цементного камня марки М400 с добавлением 4 % (от количества взятой воды) полимера РЕРА к разрушению через 48 часов после его окончательного затвердения при температуре 25 °С. Порядок проведения сравнительного исследования указано на рисунке 4.

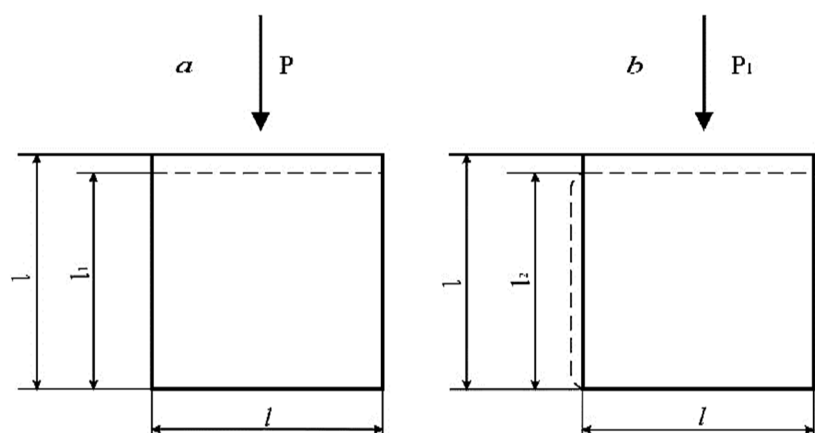


Рисунок 4 – Определение эластичности (упругости) камня, изготовленного из цемента марки М400 с добавлением 4 % раствора полимера РЕРА через 48 часов после его затвердевания при Т 25 °С

На рисунке 4 (а) показана схема изучения упругости камня из чистого цемента, а на рисунке 4 (б) камня, с добавлением 4 % полимера РЕРА.

Оба образца кубической формы с размерами $l = 40 \cdot 10^{-2}$ м. После применения силы Р, камень, изготовленный из чистого цемента, разрушился после уменьшения его высоты от l до l_1 . При применении силы сжатия $P_1 = P$ на цементно-полимерный камень, образец сохранил свою целостность и разрушился при последующем увеличении силы давления (сжатия), и достижения образцом высоты l_2 . Коэффициент эластичности цементно-полимерного камня определяется следующей формулой:

$$\lambda_s = \frac{l - l_1}{l}; \lambda_p = \frac{l - l_2}{l};$$

Соотношение коэффициентов эластичности цементного и цементно-полимерного камней показывает изменение эластичности при добавлении полимера в цемент:

$$\frac{\lambda_p}{\lambda_s} = \frac{l - l_2}{l - l_1}.$$

Сила разрушения образца из чистого цемента при соотношении вода-цемент 1 : 2 при Т 25 °С составляет 11,5 МПа. Тогда как при добавлении к цементу 4 % полимера эта сила составляет 11,8 МПа.

Таким образом, при указанной температуре прочность цементно-полимерного камня к сжатию (разрушению) увеличилась до 2,6 %.

При исследовании образца, из чистого цемента, на устойчивость к сжатию (разрушению) при температуре 25 °С, было установлено, что при цене давления 11,8 МПа, камень разрушился после уменьшения его высоты на $l - l_1 = 40 - 39 = 1$ мм.

В ходе проведенных исследований было установлено, что при изготовлении водно-цементного раствора в соотношении 1 : 2, использование РЕРА в количестве 3–4 % от количества требуемой воды к цементу марки М400, повысились показатели полученного раствора и цементного камня.

Таким образом, для предотвращения или ограничения залива скважинных продуктов компоненты тампонажного раствора, заливаемого в пласт, должны быть взяты в следующих пропорциях (в массовой доле):

- цемент – 100;
- жидкость-цемент – 1 : 2;
- полимер РЕРА – 3–4 %;
- вода – 47–46.

Вывод

При добавлении в тампонажный раствор 3–4 % РЕРА от количества требуемой воды, цементный камень становится тверже, улучшаются его адгезивные свойства и повышается устойчивость к депрессиям.

Указанная адгезионная добавка заполняет полости кристаллической структуры цемента, закупоривает мелкие каналы и капилляры цемента. Это улучшает структуру буферного материала между порами, в следствие чего повышается ударопрочность и адгезивные свойства цементного камня.



Литература

1. Фрагменты разработки морских нефтегазовых месторождений / А.Х. Мирзаджанзаде. – Баку, 1997. – 395 с.
2. Мелехин А.А. Расширяющиеся тампонажные составы для ликвидации поглощений при креплении обсадных колонн добывающих скважин / А.А. Мелехин, С.Е. Чернышов, М.С. Турбаков // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 3. – С. 50–52.
3. Исследование влияния седиментации тампонажного раствора на свойства получаемого цементного камня / Е.В. Кожевников [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 6. – С. 23–25.
4. Лю Х. Исследование свойств полимерной буферной жидкости для повышения качества крепи скважин / Х. Лю, Н.И. Николаев, Е.В. Кожевников // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2015. – № 6. – С. 38–41.
5. Ulm F.-J. Strength growth as chemo-plastic hardening in early age concrete / F.-J. Ulm, O. Coussy // Journal of Engineering Mechanics. – 1996. – Vol. 122. – № 12. – P. 1123–1132.

References

1. Fragments of the offshore oil and gas fields development / A.H. Mirzajanzade. – Baku, 1997. – 395 p.
2. Melekhin A.A. Expanding plugging compositions for liquidation of absorption at fixing of ob-saddle strings of producing wells / A.A. Melekhin, S.E. Chernyshov, M.S. Turbakov // Oil Industry. – 2012. – № 3. – P. 50–52.
3. Investigation of the plugging solution sedimentation influence on the properties of the obtained cement stone / E.V. Kozhevnikov [et al.] // Petroleum industry. – 2014. – № 6. – P. 23–25.
4. Liu Xu. Investigation of the polymer buffer liquid properties for the wells fastening quality improvement / Xu. Liu, N.I. Nikolaev, E.V. Kozhevnikov // Construction of the oil and gas wells on land and at sea. – 2015. – № 6. – P. 38–41.
5. Ulm F.-J. Strength growth as chemo-plastic hardening in early age concrete / F.-J. Ulm, O. Coussy // Journal of Engineering Mechanics. – 1996. – Vol. 122. – № 12. – P. 1123–1132.