



УДК 622.276.; 622.279

## ОГРАНИЧЕНИЕ ВОДОПРИТОКА ИЗ ПЛАСТА К СКВАЖИНЕ

### RESTRICTION OF FORMATION WATER INFLOW FROM THE RESERVOIR TO THE WELL

**Кязимов Фазиль Кямал**

кандидат технических наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник отдела  
проектирования воздействия на пласт и ПЗС,  
SOCAR, НИПИ «Нефтегаз»,  
Азербайджанская Республика  
fazil\_kazimov@mail.ru

**Аннотация.** В период увеличения требований к энергоносителям нефтяная промышленность Азербайджана динамически развивается. Ввиду того, что большинство нефтяных месторождений Азербайджана находятся на поздней стадии разработки, на скважинах эксплуатирующих эти месторождения вместе с нефтью также в большом объеме добывают пластовые воды. В настоящее время степень обводненности продукции скважин Абшеронского полуострова доходит до 95 %, а в среднем на морских месторождениях эта цифра достигает 75 %. В пластовой воде, извлекаемой из скважин вместе с нефтью, в большом объеме имеются механические и другие смеси. Это становится причиной загрязнения окружающей среды. С учетом всех этих факторов, разработан новый композиционный состав для ограничения водопритока из пласта в скважину. Лабораторно-экспериментальными исследованиями установлено, что закачка нового состава в пласт наряду с резким уменьшением проницаемости коллектора по воде, также приводит к увеличению коэффициента нефтевытеснения.

**Ключевые слова:** зона высокой проницаемости, гомогенный состав, дизельное топливо, коллоидная-дисперсная система, водоизолирующая способность.

**Kyazimov Fazil Kemal**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Leading researcher in the reservoir impact  
and CCD design department,  
SOCAR, NIPI «Neftegaz»,  
Azerbaijan Republic  
fazil\_kazimov@mail.ru

**Annotation.** During the period of increasing energy requirements, the oil industry of Azerbaijan is developing dynamically. Due to the fact that most of the oil fields in Azerbaijan are at a late stage of development and produced water is also extracted in large volumes at the wells operating these fields, along with oil. At present, the watercut of the Absheron Peninsula wells reaches 95 %, and on average in offshore fields this numeral reaches 75 %. In the formation water extracted from the wells together with oil, in a large volume there are mechanical and other mixtures. This is the cause of environmental pollution. Given all these factors, a new composition has been developed to limit formation water inflow to the well. Laboratory and experimental studies have established that the injection of a new composition into the reservoir, along with a sharp decrease in reservoir water permeability also leads to an increase in oil displacement coefficient.

**Keywords:** high permeability zone, homogeneous composition, diesel fuel, colloid-dispersed system, water-insulating ability.

**В** мире из находящихся в разработке нефтяных месторождений ежедневно в среднем извлекаются 12 млн т нефти и 33 млн т воды. А это значит, что с каждой тонны нефти в среднем примерно извлекается 3 тонны пластовой воды.

Расходы на подготовку к использованию пластовых вод достаточно высоки: в среднем расход на 1 баррель воды изменяется между 5–50 цент. В скважинах с высокой степенью обводненности (до 80 %) расходы на извлечение и утилизацию воды, полученной вместе с 1 баррелем нефти, доходит до 4 \$ США. На подготовку и утилизацию извлекаемых вод вместе с нефтью ежегодно расходуется более 40 млрд долларов. В большинстве скважин добыча воды в соответствии со скоростью уменьшения нефтяной добычи увеличивается [1].

Одно из условий успешного решения проблем борьбы против водопритока из пласта к добывающим скважинам, является выяснение причин обводненности продукции этих скважин. Без выяснения этих причин борьба против неё не может быть эффективной, а в некоторых случаях может дать отрицательные результаты. Сведения последних лет показывают, что на обводнение пласта и скважин влияют геологическое строение, неоднородность среды, темп подъёма жидкости, давление, вязкость нефти и другие факторы.

На поздней стадии разработки месторождений обводнение скважин еще больше интенсифицируется. На этой стадии объем извлекаемых вод вместе с нефтью резко увеличивается. В результате происходит загрязнение окружающей среды, нарушается кислородный баланс в воде и поверхностных слоях грунта.

Применяя современные технологии в значительной степени можно достичь уменьшения дополнительных расходов на ограничение водопритока из пласта и увеличение добычи нефти. Проведенные многочисленные исследования показывают, что повышение обводненности продукции скважин выше 50 % приводит к уменьшению межремонтного периода работы эксплуатационных скважин.



Обводнение скважин происходит по следующим причинам [2, 3]:

- прорыв закачиваемой воды в высокопроницаемые зоны продуктивного пласта. При этом обводненность продукции скважин составляет 50–55 %;
- поступление воды из верхних и нижних горизонтов через затрубное пространство в скважинах с некачественной цементировкой обсадной колонны (обводненность 30–34 %);
- негерметичность цементного моста в интервалах близких к проницаемым пластам на забое или в затрубном пространстве скважины (обводненность 10–11 %).

Используемые способы устранения преждевременного обводнения добывающих скважин подразделяются на две группы: химическая – созданием барьера и гидродинамическая – обеспечивающая работу скважин на оптимальных режимах и минимальных воздействий на насыщенную водой часть продуктивного пласта.

Способы устранения водопритока основываются на изоляции водопроницаемых пропластков в результате осадкообразования и гелеобразования, а также затвердевания [3–6]. Однако эти способы имеют некоторые недостатки. Так, что из-за загрязнения нефтесодержащих пропластков производительность скважины уменьшается. Осадко- и гелеобразующие агенты поступая в пропластки высокой проницаемости, наряду с их изоляцией, проникают в малопроницаемые пропластки и ещё больше уменьшает её проницаемость [3, 4].

С целью ограничения водопритока в пласт и в призабойную зону закачивается состав, состоящий из полимерного раствора, вспомогательного агента углеводородной жидкости и алкиллизированной серной кислоты [4–6]. Этот способ имеет определённые недостатки. Например, при высоких температурах вязкость полимера резко снижается и из-за нарушения водородных связей между полимерными цепями. При этом происходит деструкция полимера. В связи с этим применение полимера в скважинах с высокой температурой ограничено. С другой стороны, применение вышеуказанного способа затруднено из-за использования пресной воды при изготовлении полимерного раствора. Ограниченность источников пресной воды требует прокладки дополнительных коммуникаций. Причиной возникновения дополнительных проблем и снижения эффективности способа является коррозия труб и оборудования при закачке в призабойную зону состава, состоящего из углеводородной жидкости и алкиллизированной серной кислоты.

Для устранения вышеуказанных недостатков в данной работе предлагается новый состав для ограничения водопритока, позволяющий частично изолировать обводнённые высокопроницаемые зоны пласта. Состав состоит из нескольких компонентов, получаемых из коллоидно-дисперсной системы (КДС) с добавлением дизельного топлива в композицию с гомогенным составом.

Для приготовления композиции отдельные компоненты последовательно смешиваются в реакторе при температуре 20–25 °С и 15–20 мин. Затем к полученному гомогенному раствору добавляется дизельное топливо в различных соотношениях. Полученная система в течение 48 часов поддерживается в статическом состоянии и проверяется на устойчивость (табл. 1). Как видно из таблицы, если количество дизельного топлива выше 20 %-ов, устойчивость системы быстро нарушается. Учитывая это, проверена изолирующая способность воды в пористой среде, путем изменения количества дизельного топлива между 5–20 % (плотность 934 кг/м<sup>3</sup>, вязкость 11,57 мПа·сек) (табл. 1).

С этой целью в линейной модели пласта созданной из кварцевого песка при температуре 20 °С и давлении 0,025 МПа определена проницаемость пористой среды. Вода вытеснялась из модели новым составом КДС. После создания начальной насыщенности КДС (77 % от объёма пор или 105 см<sup>3</sup>) и остаточной водой (23 % от объёма пор или 31,6 см<sup>3</sup>) вход и выход в модель были закрытыми в течении 24 часов. После вытеснения КДС из модели водой (42,8 см<sup>3</sup> или 41 %) снова определялась проницаемость по воде (табл. 1).

С целью исследования влияния КДС на обводнённые пласты с остаточной нефтью, проводились экспериментальные исследования в пористых средах с высокой и малой проницаемостью.

Таблица 1

Количество дизельного топлива, добавленное в композицию гомогенного состава, %	Продолжительность устойчивости полученной коллоидно-дисперсной системы, часы	Проницаемость пористой среды, мкм <sup>2</sup>		Уменьшение проницаемости, раз
		По воде	По воде после вытеснения композицией водой	
5	48	0,64	0,064	10
10	48	0,63	0,03	21
15	48	0,6	0,012	50
20	48	0,61	0,011	55
25	система разрушилась через 0,5 часов	–	–	–
30	система разрушилась через 0,3 часов	–	–	–



Вначале пористая среда насыщалась водой при температуре 20 °С и давлении 0,025 МПа, определялась проницаемость по воде. Затем модель насыщалась нефтью путем вытеснения воды нефтью до создания начальной нефтенасыщенности (83,5 % объема пор или 125 см<sup>3</sup>) и остаточной воды (16,5 % объема пор или 25 см<sup>3</sup>). В исследованиях использовалась нефть Бибиэйбатского месторождения с плотностью 863 кг/м<sup>3</sup>, вязкостью 10,47 мПа·сек. Далее нефть вытеснялась водой. Коэффициент вытеснения составлял 0,5 доли единицы. На следующем этапе эксперимента в модель в качестве оторочки закачивалась КДС (25 % от объема пор). После закрытия входа и выхода на 24 часа, оторочка созданная в модели продвигалась водой. Исследовалось влияние КДС на вытеснение остаточной нефти и на проницаемость пористой среды. Результаты приведены в таблице 2. КДС уменьшила проницаемость пористых сред.

Таким образом, при закачке в обводнённый пласт композиции КДС, состоящей из дизельного топлива и гомогенного состава, резко снижает проницаемость пласта по воде. Это объясняется тем, что при закачке в пористую среду, насыщенную водой, КДС адсорбируясь на поверхности водопроницаемых поровых каналов, создаёт тонкую прослойку, состоящую из коллоидно-дисперсных соединений, тем самым изолирует эти зоны. В результате частично изолируются высоководопроницаемые поры пласта. Влияние КДС на увеличение коэффициента нефтевытеснения объясняется его проникновением в высокопроницаемые части пористой среды и их изоляцией, за счет чего малопроницаемые зоны пласта привлекаются в разработку.

Таблица 2

Модель	Проницаемость пористой среды по воде, мкм <sup>2</sup>	Нефть, вытесняемая водой, %	Остаточная нефть, вытесняемая водой после закачки композиции, %	Вторичная проницаемость пористой среды по воде, мкм <sup>2</sup>
Высокопроницаемый пласт	18,6	52	11,4	2,1
Малопроницаемый пласт	2	54	13,3	0,7

Из результатов проведённых экспериментальных исследований можно прийти к такому мнению, что в результате закачки КДС в высокообводнённые пласты происходит ограничение водопритока и увеличение нефтеотдачи пласта.

### Литература

1. Диагностика и ограничение водопритоков / Б. Бейли [и др.] // Нефтегазовое обозрение. – URL : [www.slb.ru > user/filesfile/NGO\\_2001\\_t61.pdf](http://www.slb.ru/user/filesfile/NGO_2001_t61.pdf)
2. Дункан Г., Балковский П., Реализация методов увеличения нефтеотдачи: практика, проектирования, заканчивания и эксплуатация скважин // Нефтегазовые технологии. – 1996. – № 2/3. – С. 8–14.
3. Салаватов Т.Ш., Сулейманов Б.А., Нурияев А.С. Селективная изоляция притока жестких пластовых вод в добывающих скважинах // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 12. – С. 81–83.
4. Сулейманов Б.А. Теоретические и практические основы применения гетерогенных систем для повышения эффективности технологических процессов в нефтедобыче : дис. ... д-ра техн. наук. – Баку, 1997. – 367 с.
5. А.С. 1663182 СССР. Способ изоляции притока воды в скважину / Ф.Я. Кантафаров, С.Г. Кантафарова, А.А. Мамаев, 1991.
6. Ибрагимов Г.З., Фазлутдинов К.С., Хисамутдинов Н.И. Применение химических реагентов для интенсификации добычи нефти. – М. : «Недра», 1991. – 200 с.

### Reference

1. Diagnostics and limitation of water inflows / B. Bailey [et al.] // Oil and Gas Review. – URL : [www.slb.ru > user/filesfile/NGO\\_2001\\_t61.pdf](http://www.slb.ru/user/filesfile/NGO_2001_t61.pdf)
2. Duncan G., Balkovsky P., Implementation of enhanced oil recovery methods: practice, design, completion and operation of wells // Oil and Gas Technologies. – 1996. – № 2/3. – P. 8–14.
3. Salavatov T.Sh., Suleymanov B.A., Nuryaev A.S. Selective isolation of hard formation water inflow in producing wells // Oil Industry. – 2000. – № 12. – P. 81–83.
4. Suleymanov B.A. Theoretical and practical foundations of the use of heterogeneous systems to improve the efficiency of technological processes in oil production : dis. for a job. student Art. Dr. tech. sciences. – Baku, 1997. – 367 p.
5. A.S. 1663182 USSR. A method of isolating water inflow into a well / F.Ya. Kanzaфарov, S.G. Kanzaфарova, A.A. Mamaev, 1991.
6. Ibragimov G.Z., Fazlutdinov K.S., Khisamutdinov N.I. The use of chemicals to intensify oil production. – М. : «Nedra», 1991. – 200 p.