



УДК 622.276

## ПРИМЕНЕНИЕ СИЛИКАТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ВНУТРИПЛАСТОВОЙ ВОДОИЗОЛЯЦИИ

### APPLICATION OF SILICATE POLYMER SYSTEMS FOR THE IN-SITU WATER SHUT-OFF TECHNOLOGIES

**Милич Йована**

студент,  
Санкт-Петербургский горный университет  
jovanamilicns@gmail.com

**Раупов Инзир Рамилевич**

кандидат технических наук,  
ассистент кафедры разработки  
и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений,  
Санкт-Петербургский горный университет  
inzirrr@yandex.ru

**Аннотация.** В данной работе представлены некоторые силикатные полимерные составы, применяемые для внутрипластовой водоизоляции. Авторами проведен анализ химического состава водоизоляционных композиций на основе силиката натрия и алюмосиликата, изучен химизм процесса их гелеобразования, отмечены преимущества и недостатки указанных составов.

**Ключевые слова:** внутрипластовая изоляция, обводненность, гелеобразование, силикаты, алюмосиликаты.

**Milich Jovana**

Student,  
St. Petersburg Mining University  
jovanamilicns@gmail.com

**Raupov Inzir Ramilevich**

Candidate of Technical Sciences,  
Assistant to department of development  
and operation of oil and gas fields,  
St. Petersburg Mining University  
inzirrr@yandex.ru

**Annotation.** In this article the properties of some of silicate systems were analyzed, that are used for in-situ water shut-off technologies. The authors have analyzed the chemical components of the composition for the technologies, which are among others, sodium-silicate and aluminosilicates, and have studied the chemical process of forming a gel and described the advantages and disadvantages of these compositions.

**Keywords:** in-site water shut-off, water cut, gel-forming, silicate, aluminosilicate.

**В** настоящее время в проведении ремонтно-изоляционных работ (РИР) нуждается как минимум половина фонда добывающих скважин в России [1].

Одной из основных причин актуальности проведения РИР является переход многих месторождений в позднюю стадию разработки, и соответственно, повышение обводненности скважин [2].

Анализируя мировую статистику по добыче нефти можно сделать вывод, что на одну тонну добытой нефти добывается еще 3–10 т. воды. Затраты на переработку, подготовку к утилизации и сам процесс утилизации этой воды составляют больше 40 миллиардов долларов. Если рассматривать только ситуацию в России, средний показатель обводненности скважин достигает 86 %, при этом на некоторых месторождениях коэффициент обводненности равен 98 %. Расходы на утилизацию такого большого количества добываемой воды часто сопоставимыми со стоимостью самой нефти, поэтому в ряде случаев эксплуатацию таких скважин можно считать нерентабельной [1].

Существует ряд факторов, влияющих на процес обводнения добываемой продукции – подъем водонефтяного контакта (подошвенная вода), поступление в продукцию контурной воды или воды из системы поддержания пластового давления и т.д. Водоизоляционные работы вследствие увеличения обводненности являются приоритетным направлением работ не только отечественных, но и зарубежных нефтяных компаний [1].

Технология внутрипластовой водоизоляции применяется для увеличения нефтеотдачи пласта, в частности для увеличения степени охвата пластов заводнением. Суть технологии заключается в регулировании фильтрационных потоков внутри пласта за счет изоляционного экрана и барьеров, которые создаются на пути фильтрации воды, тем самым регулируя направление и скорость движения флюида. Таким образом вовлекаются в разработку ранее неохваченные заводнением недренируемые участки продуктивного пласта [3]. Для проведения технологии внутрипластовой водоизоляции в пласт закачиваются различные химические продукты, в основе которых находятся полимеры, суспензии, геле- и осадкообразующие системы и т.д. [3].

В настоящее время активно ведутся исследовательские работы, связанные с поиском композиций, на основе неорганических полимеров. Преимуществом таких композиций над остальными является низкая вязкость, близкая к вязкости воды, высокая проникающая способность. Также нужно подчеркнуть, что стоимость исходных компонентов таких композиций невелика [4].



Одним из первых составов, получившим широкое применение, является силикат натрия (жидкое стекло). При закачке силиката натрия происходит выпадение осадка, снижающего проницаемость, а при взаимодействии с ионами поливалентных металлов образуются гелеобразующие системы. Для обеспечения закачки в пласт запланированного объема сначала в пласт нагнетается водный раствор карбоната натрия, который образует нерастворимые соединения с ионами магния и кальция из пластовой воды. Выводя их из пластовой воды силикат натрия в нескоагулированном состоянии достигает определенную глубину проникновения. В процессе выдержки в пласте в обводненной зоне силикат натрия коагулирует с ионами из пластовой воды, тем самым закупоривает каналы пласта. Для устранения влияния минерализации пластовой воды на полимерные составы на основе силиката натрия был предложен способ закачки совместно или после закачки соляной кислоты [4].

Силикат натрия как водоизоляционный материал должен отвечать определенным требованиям – нужно, чтобы время начала его схватывания было достаточно для того, чтобы его можно было ввести в пласт. С другой стороны, время начала схватывания после введения смеси в поровое пространство не должно быть большим [5].

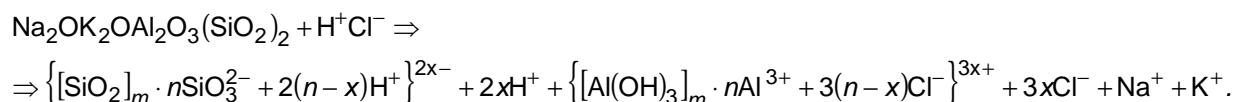
Метод с использованием кислоты получил широкое распространение, несмотря на то, что она может снизить селективность водоизоляционного состава и вызвать коррозию подземного оборудования. Однако, следует отметить, что из-за низкой прочности получаемого геля и температурных ограничений композиции жидкого стекла не стали масштабно применяемыми [4].

Помимо жидкого стекла, для внутривластовой водоизоляции используют и композиции, в основу которых входят другие силикаты, например алюмосиликаты [6]. Широкое применение получили изоляционные составы на основе алюмосиликатов, которые содержатся в отходах различных производств. Рассмотрим самые распространенные. Водоизоляционный состав ВМР-5, состав которого содержит следующие компоненты в % масс.:  $Al_2O_3$  – 29,4 %,  $SiO_2$  – 43,1 %,  $MgO$  – 3,3 %,  $CaO$  – 7,9 %,  $Na_2O$  – 10,9 %,  $K_2O$  – 2,8 %. Кроме него, достаточно широкое применение получил и нефелиновый концентрат. Основными компонентами нефелинового концентрата являются  $Al_2O_3$  (28,5 %),  $SiO_2$  (42,8 %),  $Na_2O$  (12,1 %),  $CaO$  (2,3 %) и  $K_2O$  (7,5 %) [7]. Концентрации указаны в % масс.

Данные алюмосиликаты можно отнести к легкодоступными и дешевым реагентам. Они легко растворяются в соляной кислоте, при этом образуют гели.

Способность образования геля заключается в содержании оксидов кремния и алюминия в исходном материале. В соляной кислоте эти оксиды образуют композиции, которые между собой коагулируют и формируют гель. Получившиеся гели состоят из аморфных положительно заряженных оксидов алюминия и отрицательно заряженных поликремневых кислот, которые располагаются в пространстве в определенных отношениях.

При реакции нефелина с раствором соляной кислоты сначала образуется «золь-гель», и, следовательно, происходит образование коллоидных частиц кремнезема (отрицательно заряженный золь) и гидроксида алюминия (положительно заряженный):



С повышением концентрации раствора, золи конденсируются в структуру, образующую гель [7].

Эффективное применение имеет и гелеобразующие композиции на основе группы реагентов «Азимут – Z». В его состав входят  $Al_2O_3$  – 5–8,6 %;  $SiO_2$  – 24–38,93 %;  $MgO$  – 2,6–12 %;  $CaO$  – 50–56 %;  $Na_2O$  – 0–0,30 %;  $K_2O$  – 0–0,30 %. Концентрации указаны в % масс. Приготовление таких композиций даже при низких температурах происходит без затруднений. Если изменить концентрации исходных компонентов образуются плотные гели, при этом уменьшается время гелеобразования. Также, увеличивая температуру возрастает скорость гелеобразования.

Высокую чувствительность к температуре и концентрации можно отнести к недостаткам водоизоляционных составов на основе алюмосиликатов. При любом несоблюдении технологии, например уменьшении концентраций и уменьшении размеров формирующего экранного барьера результаты процесса внутривластовой водоизоляции значительно ухудшаются [6]. Также усложняется регулирование скорости образования геля и контроль его устойчивости.

Также в качестве исходных материалов для разработки водоизоляционных составов испытаны алюмосиликатные отходы промышленных нефтехимических производств. Разработана композиция на основе отходов катализаторного производства К-3. Состав данного отхода (Ишиибайский катализаторный завод) –  $Al_2O_3$  – 18,4 %;  $SiO_2$  – 38,06 %;  $Na_2O$  – 11,49 %. Концентрации указаны в % масс.

Композицию на основе К-3 и соляной кислоты можно использовать в широком температурном интервале, при этом она образует прочные гели. Скорость реакции гелеобразования данной композиции сильно зависит от концентрации исходных реагентов. Время образования геля при одинаковой температуре в зависимости от концентрации может составлять от 45 минут до нескольких часов [8].



В заключении следует отметить, что проблема обводнения добываемой продукции, действительно, является одной из наиболее актуальных для нефтяной отрасли промышленности. Для правильного выбора состава для внутрискважинной водоизоляции нужно определить причину водопритока и знать особенности геологического строения месторождения. Успешность водоизоляционных работ часто не превышает даже 50–60 %, не только из-за сложности решаемых задач, но и из-за недостаточной эффективности применяемых технологий. В настоящее время многие известные водоизоляционные композиции имеют ограничения по геолого-техническим условиям. Несмотря на ряд преимуществ известных неорганических композиций для внутрискважинной водоизоляции, в том числе и композиций на основе силикатов и алюмосиликатов, ученым-нефтяникам в будущем придется их дальше разрабатывать, учитывая не только доступные технологии, но и экономическую и экологическую целесообразность.

### Литература:

1. Габдрахманов Т.Н. Применение реагентов ООО НПФ «ИнТехСервис» в технологиях для ограничения водопритока в скважины (водоизоляции) // Инженерная практика. Капитальный ремонт скважин. – 2015. – № 08. – URL : <http://glavteh.ru/ограничение-водопритока-кремнеземы/> (дата обращения: 06.05.2015).
2. Стрижнев В.А., Каразеев Д.В., Камалетдинова Р.М., Уметбаев В.Г. Совершенствование технологии РИП в сложных геолого-промысловых условиях // Инженерная практика. Капитальный ремонт скважин. – 2015. – № 08. – URL : <http://glavteh.ru/совершенствование-технологии-рип/> (дата обращения: 12.08.2015).
3. Раупов И.Р. Технология внутрискважинной водоизоляции терригенных коллекторов с применением полимерных составов и оптического метода контроля за процессом : диссертация ... кандидат технических наук. – Санкт-Петербург, 2016 – 143 с.
4. Демахин С.А., Демахин А.Г. Селективные методы изоляции водопритока в нефтяные скважины. – Саратов : Изд-во ГосУНЦ Колледж, 2003 – 97 с.
5. Ленченкова Л.Е. Повышение нефтеотдачи пластов физико-химическими методами. – М. : Недра, 1998. – 394 с.
6. Дубинский Г.С., Андреев В.Е., Акчурин Х.И., Котенев Ю.А. Развитие технологий ограничения водопритока в добывающие скважины // Электронный научный журнал «Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика» – 2012. – Вып. 1(5). – URL : [http://oilgasjournal.ru/vol\\_5/dubinsky.pdf](http://oilgasjournal.ru/vol_5/dubinsky.pdf)
7. Зозуля Г.П., Клещенко И.И., Гейхман М.Г., Чабаяев Л.У. Теория и практика выбора технологий и материалов для ремонтно-изоляционных работ в нефтяных и газовых скважинах : учебное пособие. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2002 – 138 с.
8. Беляева А.С. Гелеобразующие технологии извлечения остаточной нефти на месторождениях Республики Башкортостан // Экспозиция нефть газ. Добыча. – 2011 – С. 17–18.

### References:

1. Gabdrakhmanov T.N. Application of reagents of OOO NPF «InTechServis» in technologies of in-situ water shut off // Engineering practice. Capital repairs of wells. – 2015. – № 08. – URL : <http://glavteh.ru/bounding-water supply-silicon aerosols/> (May 06, 2015).
2. Strizhnev V.A., Karazeev D.V., Kamaletdinova R.M., Umetbaev V.G. Perfection of RIW technology in complex geological and field conditions // Engineering practice. Capital repairs of wells – 2015. – № 08. – URL : <http://glavteh.ru/improvement-technology-r/> (August 12, 2015).
3. Raupov I.R. Technology of in-situ water shut off of terrigenous reservoirs using polymeric compositions and optical method for process control : thesis research ... of Candidate of Technical Sciences. – Saint Petersburg, 2016. – 143 p.
4. Demakhin S.A., Demakhin A.G. Selective methods for isolating water inflow into oil wells. – Saratov : GosUTSTS College, 2003 – 97 p.
5. Lenchenkova L.E. Enhancement of oil recovery by physico-chemical methods. – M. : Nedra, 1998. – 394 с.
6. Dubinsky G.S., Andreev V.E., Akchurin Kh.I., Kotenev Yu.A. Development of technologies for limiting water inflow into production wells // Electronic scientific journal «Georesources. Geoenergetics. Geopolitics». – 2012. – Issue 1 (5). – URL : [http://oilgasjournal.ru/vol\\_5/dubinsky.pdf](http://oilgasjournal.ru/vol_5/dubinsky.pdf)
7. Zozulya G.P., Kleshchenko I.I., Geikhman M.G., Chabayev L.U. Theory and practice of choosing technologies and materials for repair and insulation work in oil and gas wells – Tyumen : TyumGNGU, 2002. – 138 p.
8. Belyaeva A.S. Gel-forming technologies for recovery of residual oil at the fields of the Republic of Bashkortostan // Exposition oil gas. – 2017 – P. 17–18.