

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИТОКА НЕФТИ ПУТЁМ ИЗОЛЯЦИИ  
ПРИТОКОВ ВОДЫ В ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЕФ. Ф. Ахмад\*<sup>1</sup>, Г. Г. Гайбалыев<sup>2</sup><sup>1</sup>«Neftqazelnitədiqatlayihə» İnstitutu SOCAR, Bakı, Azərbaycan<sup>2</sup>Бакинская высшая школа нефти, SOCAR, Bakı, Azərbaycan

## Stimulation of Oil Inflow by Isolating Water Inflows in the Bottomhole Zone

F. F. Ahmad\*<sup>1</sup>, G. G. Gaibaliyev<sup>2</sup><sup>1</sup>«OilGasScientificResearchProject» Institute, SOCAR, Baku, Azerbaijan<sup>2</sup>Baku Higher Oil School, SOCAR, Baku, Azerbaijan

## ABSTRACT

Since most of the fields in the Absheron peninsula of the Republic of Azerbaijan are at the final stage of development, an inevitable reduction in hydrocarbon production is expected. It is planned to support oil production at the current level through the reconstruction of wells of the inactive fund. An increase in the proportion of formation water in well production, the presence of intra-reservoir, annulus and other cross-flows in this region, in most cases, is associated with inefficient isolation work. The development of effective recipes for cement slurries with controlled rheological properties is relevant. To regulate the rheological properties of cement slurries, the products of the company «Matanat A» «İzo-Sem» were used as an additive. In the course of the experiments, the influence of «İzo-Sem» dispersions on the physicochemical parameters of the cement stone was studied. When regulating the rheological properties of cement slurries with «İzo-Sem» additives, it is necessary to determine the effect of thermobaric factors on the values of these properties. In studies to assess the effect of temperature on the rheological properties of cement slurries with the addition of «İzo-Sem», they were carried out for the temperature range of 25÷75 °C. Dry mix of grout cement G-CC-1 (API Spec 10A Class G-HSR) was used in the studies.

## KEYWORDS:

Cement;  
Insulating additive;  
Plastic viscosity;  
Shear stress;  
Bottomhole zone;  
Thixotropy;  
Dispersed systems;  
Thermobaric factors.

\*e-mail: farizahmed@mail.ru

<https://doi.org/10.53404/Sci.Petro.20220200028>

## Введение

В настоящее время все более актуальной является задача поиска методов интенсификации разработки залежей нефти в коллекторах с ухудшенными фильтрационно-ёмкостными характеристиками. Одной из причин ухудшения продуктивной характеристики скважин является образование в призабойной зоне пласта водяной блокады. Повышенная водонасыщенность прискважинной зоны снижает ее проницаемость для нефти при совместной фильтрации нефти и воды, т.е. ограничивает приток нефти из пласта в скважину. Поэтому поиск путей решения проблемы интенсификации притока нефти в добывающей скважине связан с изоляцией притоков воды в призабойной зоне.

По мере перехода месторождений в поздние стадии эксплуатации наблюдается рост обводнённости продукции скважин, что требует применения технологий ограничений притока воды. По причине того, что коллекторам свойственна лито-

лого-фациальная неоднородность, процесс обводнения добывающих скважин становится неизбежным следствием этого фактора, при этом довольно часто уже в первые месяцы работы, либо по прошествии полутора двух лет. Итоговым результатом становится то, что существенные отборы нефти из пласта происходят на фоне повышенных отборов попутной воды.

Сегодня борьба с притоками воды включает перечень разнообразных технологий-от классического цементирования до применения двух пакерных компоновок и новейших химических реагентов.

Повысить эффект от использования технологий ограничений притока воды можно путем разработки и совершенствования алгоритмов подбора скважин-кандидатов для проведения ремонтно-изоляционных работ, а также применения комплексного подхода к проведению работ.

Сегодня в мире на добычу тонны нефти приходится от 3 до 10 т попутно добываемой воды. На месторождениях Азербайджана этот показатель

составляет 15 т. На её подготовку и утилизацию ежегодно тратятся огромные суммы. Обводнённость скважин повсеместно растёт, средний показатель уже достиг 75%, а на отдельных месторождениях уровень обводнённости продукции скважин доходит до 98%. В ряде случаев расходы на переработку попутно добываемой воды становятся сопоставимы со стоимостью добываемой нефти, что делает эксплуатацию скважин нерентабельной. Как минимум половина фонда добывающих скважин Азербайджанской Республики сегодня требует проведения ремонтно-изоляционных работ.

Решением этой проблемы является разработка эффективных рецептов тампонажных растворов с регулируемым реологическими свойствами.

Традиционно используемые тампонажные растворы на основе портланд-цемента при создании барьеров против воды обычно не обеспечивают высокой адгезии с породами, и, как следствие, способствуют эффективной изоляции.

Проблема может быть решена созданием тампонажных растворов на основе «İzoSem» (продукция компании «Matanat A»).

### Постановка задачи

Для регулирования реологических свойств тампонажных растворов в качестве добавки использовалась дисперсная добавка «İzo-Sem». В процессе экспериментов изучалось влияние дисперсий «İzo-Sem» на физико-химические параметры цементного камня.

В основе физико-химического регулирования свойств тампонажных растворов лежит принцип характера взаимодействия вяжущего с затворителем, выражающегося в инверсии возникающей в процессе гидратации (сольватации) структур [1].

В первую очередь, при регулировании реологических свойств тампонажных растворов с добавками «İzo-Sem» необходимо определить влияние на значения показателей этих свойств термобарических факторов: давления и температуры. Учёт этих факторов важен при оптимизации составов для конкретных геолого-эксплуатационных условий и выборе оптимального режима приготовления и размещения раствора в призабойной зоне скважины [2-6].

### Методы исследования

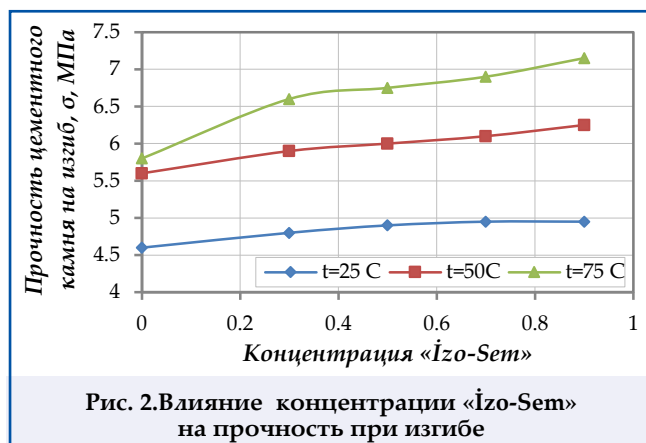
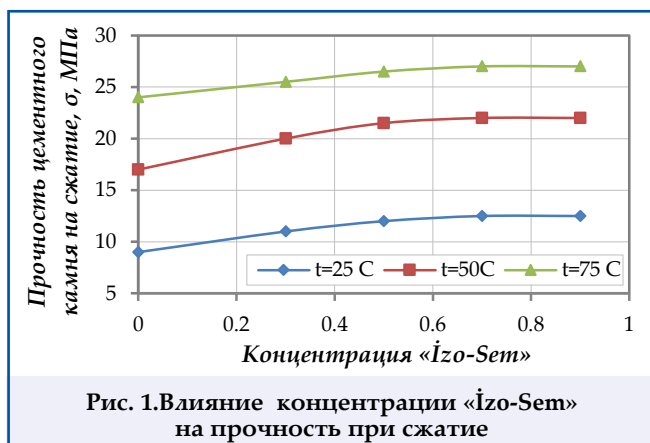
В качестве методики исследований предлагается использовать приборы для определения прочности на сжатие и изгиб, времени начала и конца схватывания, а также адгезии тампонажного раствора к породе пласта. Прибор применяется в исследовательских лабораториях, а также в полевых условиях при проведении эксплуатационных работ-для испытаний тампонажного раствора и цементного камня и т.д. В основном использовались приборы итальянской фирмы «Matest». Для проведения испытаний были изготовлены специальные формы в виде куба, размером 40×40×40, в которые заливался исследуемый тампонажный раствор. После этого полученные кубы тампонажного камня помещались под пресс и проверялась их прочность на сжатие и изгиб. В качестве критерия оценивалась энергия, необходимая для образования трещин в формах.

### Примеры и обсуждение результатов

Исследования по оценке влияния температуры на реологические свойства тампонажных растворов с добавкой «İzo-Sem» выполнены для диапазона температур 25÷75 °С. При исследованиях использовали сухую смесь тампонажного цемента G-CC-1 (API Spec 10A Class G-HSR) и «İzo-Sem». Физико-химические характеристики цемента приведены в таблице. Приведённые характеристики соответствуют нормам, необходимым для изоляции внутрипластовых перетоков в призабойной зоне.

Особенностью дисперсной структуры «İzo-Sem» является наличие системы регулярных каналов и сообщающихся полостей, способных удерживать ионы, атомы и молекулы веществ, чей размер соответствует размеру свободного пространства. Необходимо отметить, что добавка «İzo-Sem» проявляет высокую стабильность, во времени. «İzo-Sem» обладает следующими свойствами: адсорбционные-способность поглощать и отдавать различные вещества; ионообменные-способность обменивать катионы; каталитические-способность ускорять химические реакции. Помимо этого «İzo-Sem» обладает молекулярно-ситовым эффектом, пропускающим (фильтрация) и поглощающим молекулы различных веществ избирательно.

Физико-химические показатели тампонажного цемента								Таблица
Тампонажный цемент (минерально-химический состав)								
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Qələvilik, Na <sub>2</sub> O	MgO	C <sub>4</sub> AF+2C <sub>3</sub> A	Trikalsium silikat	Trikalsium alüminat
5.2	62.4	≤ 2.6	20.7	0.56	≤ 1.23	18.41	≥ 59.2	2.21



Тампонажные смеси готовились в следующих пропорциях: тампонажный цемент и добавка «Izo-Sem» 0.3; 0.5; 0.7 и 0.9 % к массе сухого цемента.

Тампонажные смеси готовились в следующих пропорциях: цемент и «Izo-Sem» 0.1; 0.3; 0.5; 0.7 и 0.9 % к массе сухого цемента. Результаты исследований отображены на рисунках 1 и 2.

### Реология цементных растворов

Значительный интерес с точки зрения технологии цементирования представляет, влияние концентрации «Izo-Sem» на реологические параметры тампонажных растворов. Как известно, реологические характеристики определяют величину гидродинамических потерь давления при закачке и продавке тампонажных растворов в призабойную зону скважин.

Проводились исследования пластической вязкости и напряжения сдвига тампонажного раствора. При проведении измерений дозировка «Izo-Sem» составляла 0.1; 0.3; 0.5; 0.7 и 0.9 % к массе смеси. Результаты исследований приведены на рисунках 3 и 4.

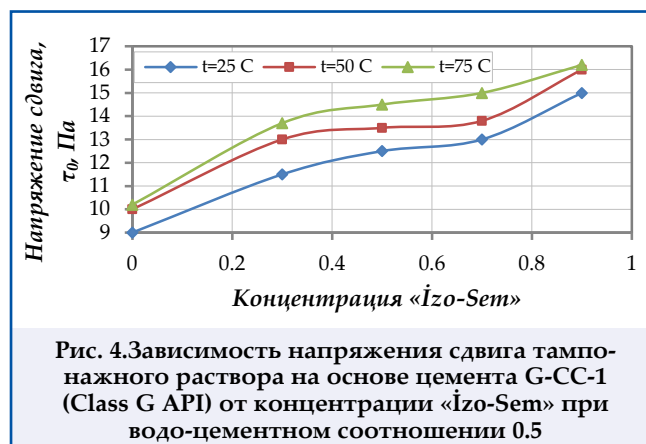
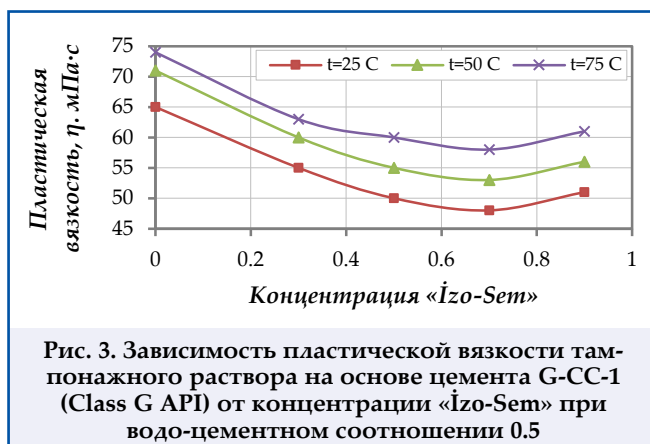
На основе проведенных лабораторных исследований можно сделать следующие выводы:

1) тампонажные растворы с содержанием «Izo-Sem» крайне чувствительны к изменению температуры-повышение температуры приводит к сокращению времени загустевания в среднем в 2 раза (для портландцементных растворов это значение в среднем 1.3);

2) изменение температуры в этом диапазоне незначительно влияет на динамическое напряжение сдвига. Это объясняется тем, что замеры проводились в индукционный период, когда еще практически не происходило изменения размеров сольватных оболочек частиц.

3) значение напряжения сдвига при повышении температуры испытания увеличивается, причем при 75 °C образуются прочные тиксотропные структуры растворов.

Для портландцементных материалов при увеличении давления, действующего на тампонажный раствор, процессы диспергирования частиц твердой фазы ускоряются. При этом активность дисперсной системы повышается: увеличивается число частиц в единице объема раствора и, следовательно, число коагуляционных контактов. Вследствие уменьшения величины сольватных пленок растет прочность образуемых контактов.



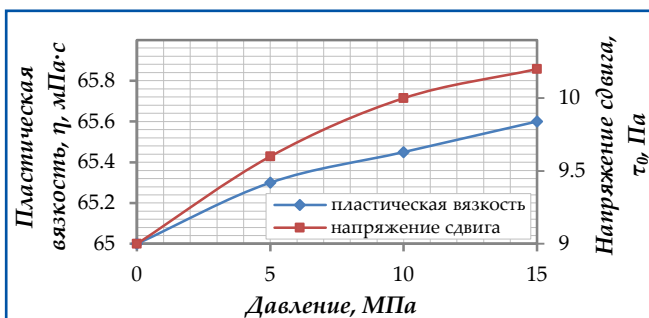


Рис. 5. Реологические свойства тампонажных растворов с добавками «Izo-Sem» при различном давлении

С увеличением давления, возрастает вероятность образования кристаллизационной структуры. Это приводит к повышению значений реологических свойств растворов и их ускоренному загустеванию.

Для определения реологических свойств тампонажных растворов содержащих «Izo-Sem» при давлении использовали ротационный вискозиметр. После кондиционирования в атмосферном консистометре раствор помещали в стакан вискозиметра, создавали давление и в течение трех минут раствор перемешивался, после этого получали реологическую кривую.

Результаты выполненных исследований приведены на рисунке 5.

На основе проведенных лабораторных исследований можно сделать следующие выводы:

- время схватывания тампонажного раствора при повышении давления с 0.1 МПа до 14 МПа сокращается на 20%, что связано с интенсификацией процессов коагуляционного структурообразования;

- при увеличении давления до 15 МПа, наблюдается повышение пластической вязкости – на 7%, динамического напряжения сдвига – на 20%. При дальнейшем увеличении давления более 15 МПа отмечается дальнейшее уплотнение частиц цемента в системе, но повышение значений реологических характеристик становится менее значительным и составляет не более 5% для пластической вязкости и не более 7% для динамического напряжения сдвига;

- исследованиями по изучению влияния термобарических условий установлено значительное влияние температуры (в диапазоне значений 25-75 °С) на реологические свойства исследованных тампонажных растворов с содержанием «Izo-Sem»;

- давление в диапазоне изученных значений (0.1-14 МПа) также оказывает заметное влияние, но в меньшей степени.

### Выводы

1. Добавка «Izo-Sem» до 0.7% приводит к снижению вязкости цементных растворов. При дозировке более 0.7% вязкость возрастает. С увеличением процентного содержания «Izo-Sem» в смеси наблюдается рост тиксотропии тампонажных растворов.
2. Значение напряжения сдвига при повышении температуры испытания увеличивается, причем при 75 °С образуются более прочные тиксотропные структуры растворов.
3. Время схватывания тампонажного раствора при повышении давления с 0.1 МПа до 14 МПа сокращается на 20%, что связано с интенсификацией процессов коагуляционного структурообразования.
4. Установлено значительное влияние температуры (в диапазоне значений 25-75 °С) на реологические свойства исследованных тампонажных растворов с содержанием «Izo-Sem»; давление в диапазоне изученных значений (0.1–14 МПа) также оказывает заметное влияние, но в меньшей степени.

### References

1. Savas, H. (2016). Consolidation and swell characteristics of dispersive soils stabilized with lime and natural zeolite. *Science and Engineering of Composite Materials*, 23(6), 589-98.
2. Nelson, E. B., Michaux, M., Drochon, B. (2006) Chemistry and characterization of portland cement. In: Well cementing. Nelson E. B. and Guillot D. (eds). Texas: Schlumberger.
3. Anjuman, S., Moncef, L. N. (2012). Rheological properties of oil well cement slurries. In: *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Construction Materials*, 165(CM1), 25-44.
4. Guillot, D. (2006). Rheology of well cement slurries. In: Well cementing. Nelson E. B. and Guillot D. (eds). Texas: Schlumberger.
5. Chow, T. W., McIntire, L. V., Kunze, K. R., Cooke, C. E. (1988). The rheological properties of cement slurries: effects of vibration, hydration conditions, and additives. *SPE Production Engineering*, 3(04), 543-550.
6. Haichuan, L., Chengbin, X., Yonghui, G., et al. (2015). Cement Slurries With Rheological Properties Unaffected by Temperature. *SPE Drilling & Completion*, 30(04), 316-321.

**Интенсификации притока нефти путём изоляции  
притоков воды в призабойной зоне****Ф. Ф. Ахмад<sup>1</sup>, Г. Г. Гайбалыев<sup>2</sup>**<sup>1</sup>НИПИ «Нефтегаз» SOCAR, Баку, Азербайджан<sup>2</sup>Высшая школа нефти SOCAR, Баку, Азербайджан**Реферат**

Поскольку большинство месторождений Абшеронского п-ва Азербайджанской Республики находятся на завершающей стадии разработки, то ожидается неминуемое сокращение добычи углеводородов. Посредством реконструкции скважин бездействующего фонда планируется поддержка нефтедобычи на текущем уровне. Повышение доли пластовой воды в продукции скважин, наличие внутри пластовых, межколонных и др. перетоков в этом регионе, в большинстве случаев связано с мало эффективными изоляционными работами. Разработка эффективных рецептов тампонажных растворов с регулируемыми реологическими свойствами является актуальной. Для регулирования реологических свойств тампонажных растворов в качестве добавки применялась продукция компании «Mətanət A» «İzo-Sem». В процессе экспериментов изучалось влияния дисперсий «İzo-Sem» на физико-химические параметры цементного камня. При регулировании реологических свойств тампонажных растворов с добавками «İzo-Sem» необходимо определить влияние на значения показателей этих свойств термобарических факторов. При исследованиях по оценке влияния температуры на реологические свойства тампонажных растворов с добавкой «İzo-Sem» выполнены для диапазона температур 25÷75 °С. При исследованиях использовали сухую смесь тампонажного цемента G-CC-1 (API Spec 10A Class G-HSR).

**Ключевые слова:** цемент; изоляционная добавка; пластическая вязкость; напряжение сдвига; призабойная зона; тиксотропия; дисперсные системы; термобарические факторы.

**Quyudibi zonada su axınının təcrid olunması ilə  
neft axınının intensivləşdirilməsi****F. F. Əhməd<sup>1</sup>, H. Q. Qaybalıyev<sup>2</sup>**<sup>1</sup>«Neftqazəlmütədiqatlayih» İnstitutu, SOCAR, Bakı, Azərbaycan<sup>2</sup>Bakı Ali Neft Məktəbi, SOCAR Bakı, Azərbaycan**Xülasə**

Azərbaycan Respublikasının Abşeron yarımadasındakı yataqların əksəriyyəti işlənmənin son mərhələsində olduğundan karbohidrogen hasilatında qaçılmaz azalma gözlənilir. Fəaliyyətsiz fondun quyularının yenidən bərpası hesabına neft hasilatının hazırkı səviyyədə dəstəklənməsi nəzərdə tutulur. Lay sularının xüsusi çəkisinin artması, bu bölgədə laydaxili, həlqəvi və digər çarpaz axınların olması əksər hallarda səmərəsiz təcrid etmə işləri ilə əlaqələndirilir. Nəzarət olunan reoloji xassələri olan tamponaj məhlulları üçün effektiv reseptlərin hazırlanması aktualdır. Tamponaj məhlullarının reoloji xassələrini tənzimləmək üçün əlavə olaraq «Mətanət A» şirkətinin «İzoSem» məhsullarından istifadə edilmişdir. Təcrübələr zamanı «İzoSem» dispersiyalarının sement daşının fiziki-kimyəvi parametrlərinə təsiri öyrənilmişdir. Tamponaj məhlullarının reoloji xassələrini «İzoSem» əlavələri ilə tənzimləyərkən termobarik amillərin bu xassələrin qiymətlərinə təsirini müəyyən etmək lazımdır. Tamponaj məhlullarının reoloji xassələrinə temperaturun təsirini qiymətləndirmək üçün «İzoSem» əlavə etməklə aparılan tədqiqatlar 25÷75 °C temperatur intervalında aparılmışdır. Tədqiqatlarda G-CC-1 (API Spec 10A Class G-HSR) markalı tamponaj sementinin quru qarışığı istifadə edilmişdir..

**Açar sözlər:** sement; təcrid qatqısı; plastik özlülük; sürüşmə gərginliyi; quyudibi zona; tixsotropiya; dispers sistemlər; termobarik amillər.