



РАЗРАБОТКА ОБЛЕГЧЕННОГО ТАМПОНАЖНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ГЕОПОЛИМЕРА И ГАЗООБРАЗУЮЩЕГО АГЕНТА

Э. Ф. Велиев, А. А. Алиев

НИПИ «Нефтегаз», SOCAR, Баку, Азербайджан

Design of a lightweight cementing material on basis of geopolymer and gas-forming agent

E. F. Veliyev, A. A. Aliyev

«OilGasScientificResearchProject» Institute, SOCAR, Baku, Azerbaijan

А Б С Т Р А К Т

According to most researchers, the most promising alternative plugging materials are geopolymers - inorganic cementitious materials formed as a result of reaction of aluminosilicates with alkaline activator. Lightweight geopolymer mortars are of particular interest, allowing to considerably expand the conditions of application of such systems in cementing operations. To create lightweight geopolymer solutions, in the presented study the following agents were used as gas-forming agents: ferrosilicium slag and aluminum powder (AP). Ferrosilicium slag (FSS) is an industrial byproduct that is based on the oxidation process of free silicon in a chemical reaction. The application of FSS and AP leads to a 27% and 23% decrease in specific gravity of the specimens examined, an improvement in their mechanical properties, in particular increasing compressive strength by 3.9%, flexural strength and modulus of elasticity by 2.8% and 3.7% respectively, splitting tensile strength by 5.9%, compared to the use of AP as an extender additive.

Keywords: geopolymer; gas-forming agent; well cementing; lightweight cement; zonal isolation.

© 2023 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

1. Введение

В нефтяных и газовых скважинах для обеспечения долговременной зональной изоляции и безопасной добычи пластовых флюидов традиционно используется портландцемент (ОП) [1-4]. Однако, в результате продолжительной эксплуатации, цементное кольцо может потерять свою герметичность, что приводит к серьезным осложнениям [5-8]. По этой причине специалисты продолжают искать альтернативные тампонажные материалы с более высокими физико-химическими и механическими свойствами [9-12].

Наиболее перспективным альтернативным тампонажным материалом, по мнению большинства исследователей, являются геополимеры - неорганические цементирующие материалы, образующиеся в результате реакции алюмосиликатов с щелочным активатором. Геополимеры обладают более высокой стойкостью к коррозии и термическому разложению, а также могут использоваться при низких температурах. Кроме того, геополимеры могут быть произведены из различных сырьевых материалов, включая отходы производства, что снижает негативное влияние на окружающую среду и потребление природных ресурсов [13-17].

Однако, геополимеры пока не получили широкого распространения в качестве тампонажного материала,

и требуются дополнительные исследования для определения их оптимальных свойств и условий применения. Также, важно рассмотреть вопросы экономической эффективности и доступности производства геополимеров. Тем не менее, геополимеры представляют собой перспективную альтернативу портландцементу и могут стать ключевым компонентом будущих операций крепления в нефтегазовой промышленности [18-20].

Особый интерес представляют облегченные геополимерные растворы позволяющие значительно расширить условия применения подобных систем в операциях крепления [21-24].

Существует два способа создания облегченных геополимерных растворов: аэрация самого раствора и использование облегчающих добавок, таких как полые, ячеистые или пористые заполнители. Однако, использование добавок не лишено недостатков, основным из которых является необходимость равномерного распределения по всему объему раствора. Аэрация раствора можно осуществить двумя способами: закачкой инертного газа непосредственно в раствор или путем применения газообразующих добавок, известных как химический метод генерации газа. В результате аэрации геополимерный камень приобретает ячеистую структуру, что приводит к снижению его плотности.

Для создания облегченных геополимерных растворов могут быть использованы различные газообразующие агенты, такие как металлы Al, Zn или Si, и пероксид (H_2O_2) [25].

В представленном исследовании в качестве газообразующих агентов были использованы: ферросилициевый шлак и алюминиевый порошок (АП). Ферросилициевый шлак (ФСС) — это побочный продукт промышленности, который основан на процессе окисления свободного кремния в ходе химической реакции. Как при применении ФСС, так и АП в результате химической реакции выделяется водород. Были изучены механические свойства полученных облегченных геополимерных составов и возможность их применения для крепления скважин.

2. Экспериментальная часть

Зольная пыль. В исследовании применялась зольная пыль класса F в соответствии с требованиями стандарта ASTM C618 [26].

Газообразующие агенты

Алюминиевый порошок. Удельная площадь поверхности составляет 11340 см²/г, содержание Al₂O₃ 85.637%.

Ферросилициевый шлак (ФСС). Удельная площадь поверхности составляет 11850 см²/г, содержание ФСС 77.39%.

Заполнители. В качестве мелкодисперсного заполнителя использовался кварцевый песок, а крупнодисперсного заполнителя использовался дробленый доломит. Гранулометрический состав обоих наполнителей приведен в таблице 1.

Суперпластификатор. В качестве суперпластификатора использовался коммерческий продукт Viscocrete-600.

Щелочной активатор. В качестве щелочного активатора в исследовании применялась смесь гидроксида и силиката натрия. Концентрация щелочного агента составляла 14 М для всех образцов.

Приготовление и отверждение образцов. Состав базового геополимерного (ГП) раствора приведено в таблице 2.

Размер частиц, мм	Кварцевый песок, %	Дробленый доломит, %
37.5 <	0	0
37.5 - 19	0	3
19 - 9.5	0	34
9.5 - 5	0	35
5 - 2.36	11	24
2.36 - 1.18	14	4
1.18 - 0.425	16	0
0.425 - 0.25	37	0
0.25 - 0.075	19	0
0.075 >	3	0

Зольная пыль	Заполнители		Щелочной активатор		Суперпластификатор
	Кварцевый песок	Дробленый доломит	гидроксид натрия	силикат натрия	
400 г	133 г	266 г	114 г	286 г	8 г

Дополнительно, газообразующие агенты (АП и ФСС) были добавлены в базовый состав для экспериментов. Приготовленные растворы заливались в специальные формы для отверждения и выдерживались при соответствующей температуре в течение 24 ч.

Исследование механических свойств. Сопротивление при раскалывании определялось согласно процедуре описанной в ASTM C496 [27]. Прочность на изгиб определялась согласно процедуре описанной в ASTM C78 [28]. Модуль упругости определялся согласно процедуре описанной в ASTM C469 [29].

3. Результаты и обсуждение

Удельный вес

В целом, параметры удельного веса и пористости легкого геополимерного камня зависят от таких факторов, как тип газообразующего агента, его объем, высота столба геополимерного раствора и др. [30] В данной серии экспериментов концентрация газообразующего агента варьировалась в пределах от 0.1 до 1.0 масс.% и результаты экспериментов отражены в рисунке 1.

Примечательно, что увеличение концентрации газообразующего агента приводило к уменьшению удельного веса геополимерных растворов, так как увеличивалось количество выделяющегося водорода в результате химической реакции. Наибольшее снижение удельного веса исследуемых образцов наблюдалось при концентрации газообразующих агентов в 1 массовых процентах для АП и ФСС газообразующих агентов, и составляло соответственно 23% и 27%.

Механические свойства

Прочность при сжатии. Была проведена оценка прочности на сжатие исследуемых образцов в течение 3, 7, 28 и 90 дней после твердения (рис. 2). Экспериментальные

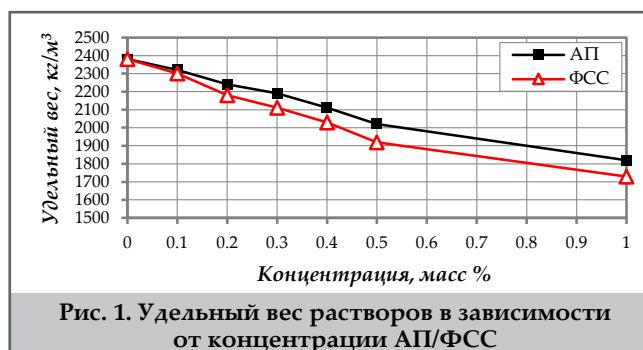


Рис. 1. Удельный вес растворов в зависимости от концентрации АП/ФСС

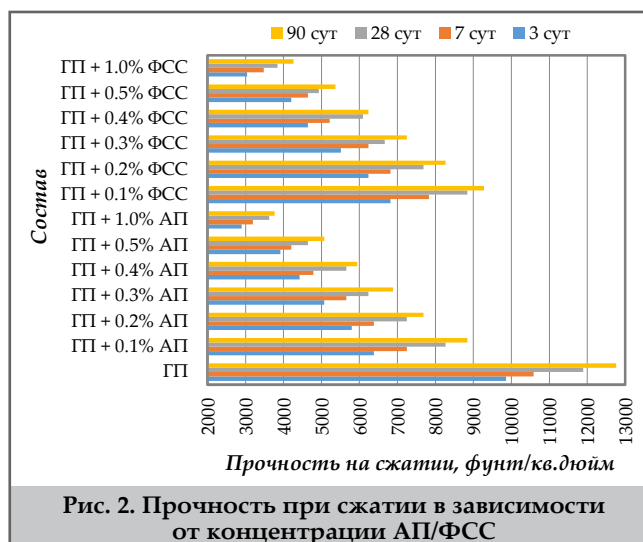


Рис. 2. Прочность при сжатии в зависимости от концентрации АП/ФСС

результаты показали, что прочность геополимерного камня уменьшалась с увеличением температуры испытаний и концентрации газообразующего агента.

Сопротивление при раскалывании. В ходе экспериментов, было измерено значение сопротивления при раскалывании после 28 дней твердения (рис. 3). Результаты показали, что данный показатель также уменьшался с увеличением концентрации газообразующего агента. Однако, использование ФСС в качестве газообразующего агента привело к лучшим результатам.

Прочность при изгибе и модуль упругости. Графики прочности при изгибе и модуля упругости для исследуемых образцов показывают снижение механических свойств геополимерного камня с увеличением концентрации газообразующего агента (рис. 4 и 5).

В целом, сравнительный анализ механических свойств геополимерного камня показал, что использование ФСС в качестве газообразующего агента приводит к меньшему ухудшению механических свойств по сравнению с использованием АП. Предполагается, что это связано с более равномерным выделением водорода в результате реакции с ФСС, что в свою очередь приводит к более равномерному распределению газа в объеме раствора. Это предположение было подтверждено экспериментальным путем. Ход эксперимента и полученные результаты описаны далее.

Из растворов всех образцов геополимерного камня были созданы цилиндрические формы длиной 10 см и диаметром 2 см, отверждение которых проходило при обычной комнатной температуре. Полученные формы были разрезаны на 5 частей по 2 см каждая, при этом два см с обоих концов формы не учитывались в измерениях. Проведенные эксперименты подтвердили ранее высказанное предположение, так как образцы геополимерного камня, в которых в качестве газообразующего агента использовался ФСС, демонстрировали незначительное изменение показателей плотности. Данный факт подтверждает предположение о более равномерном распределении газа в объеме раствора.

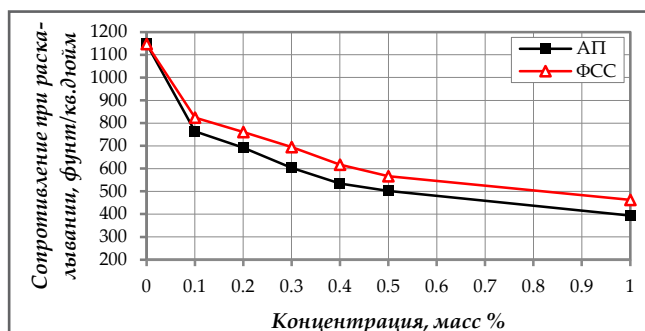


Рис. 3. Сопротивление при раскалывании в зависимости от концентрации АП/ФСС

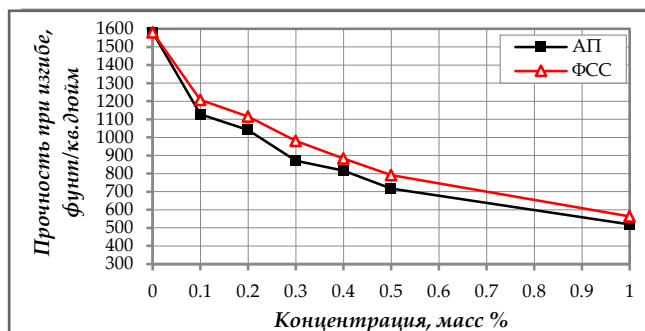


Рис. 4. Прочность при изгибе в зависимости от концентрации АП/ФСС

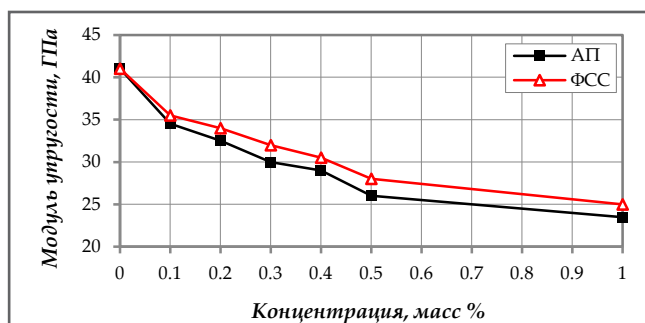


Рис. 5. Модуль упругости в зависимости от концентрации АП/ФСС

Выводы

- Наибольшее снижение удельного веса исследуемых образцов наблюдалось при концентрации газообразующих агентов в 1 массовых процентах для АП и ФСС газообразующих агентов, и составляло соответственно 23% и 27%.
- Добавления 1% ФСС в качестве газообразующего агента привело к улучшению механических свойств геополимерного камня, в частности увеличило прочность на сжатие на 3.9%, прочность при изгибе и модуль упругости на 2.8% и 3.7% соответственно, сопротивление при раскалывании на 5.9% по сравнению с применением в качестве облегчающей добавки АП.
- Экспериментальным путем доказано более равномерное распределение выделяющегося в результате добавки ФСС газа в объеме геополимерного раствора.

Литература

1. Сулейманов, Б. А., Велиев, Э. Ф., Шовгенов, А. Д. (2022). Теоретические и практические основы цементирования скважин. Серия: Современные нефтегазовые технологии. Москва-Ижевск: ИКИ.
2. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2016). The effect of particle size distribution and the nano-sized additives on the quality of annulus isolation in well cementing. *SOCAR Proceedings*, 4, 4-10.
3. Ахмад , Ф. Ф., Гайбалыев, Г. Г. (2022). Интенсификации притока нефти путём изоляции притоков воды в призабойной зоне. *Scientific petroleum*, 2, 23-27.
4. Гаибова, А. Г., Аббасов, М. М. (2022). Исследования инновационного водо-изоляционного состава на основе карбамид-формальдегидной смолы. *Scientific Petroleum*, 2, 35-39.
5. Sabins, F. L. (1990). Problems in cementing horizontal wells. *Journal of petroleum technology*, 42(04), 398-400.
6. Yuan, Z., Schubert, J., Teodoriu, C., Gardoni, P. (2012, March). HPHT gas well cementing complications and its effect on casing collapse resistance. SPE-153986-MS. In: *SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
7. Jafariesfad, N., Sangesland, S., Gawel, K., Torsæter, M. (2020). New materials and technologies for life-lasting cement sheath: A review of recent advances. *SPE Drilling & Completion*, 35(02), 262-278.
8. Zhou, S., Liu, R., Zeng, H., et al. (2019). Mechanical characteristics of well cement under cyclic loading and its influence on the integrity of shale gas wellbores. *Fuel*, 250, 132-143.
9. Khalifeh, M., Saasen, A., Hodne, H., et al. (2018). Geopolymers as an alternative for oil well cementing applications: A review of advantages and concerns. *Journal of Energy Resources Technology*, 140(9), 092801.
10. Aslani, F., Zhang, Y., Manning, D., et al. (2022). Additive and alternative materials to cement for well plugging and abandonment: A state-of-the-art review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 215(B), 110728.
11. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Vishnyakov, V. (2022). Nanocolloids for petroleum engineering: Fundamentals and practices. *John Wiley & Sons*.
12. Araújo, R. G. D. S., Freitas, J. C. D. O., Costa, B. L. D. S., et al. (2019, April). Alternative material to be applied in oil well cementing subjected to high temperatures to avoid compressive strength retrogression. OTC-29397-MS. In: *Offshore Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
13. Ahdaya, M., Imqam, A. (2019). Fly ash Class C based geopolymer for oil well cementing. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 179, 750-757.
14. Salehi, S., Khattak, M. J., Ali, N., et al. (2018). Study and use of geopolymer mixtures for oil and gas well cementing applications. *Journal of Energy Resources Technology*, 140(1), 012908.
15. Suppiah, R. R., Rahman, S. H. A., Irawan, S., Shafiq, N. (2016, November). Development of new formulation of geopolymer cement for oil well cementing. IPTC-18757-MS. In: *International Petroleum Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
16. Veliyev, E. F., Aliyev, A. A. (2022). Comparative analysis of the geopolymer and Portland cement application as plugging material under conditions of incomplete displacement of drilling mud from the annulus. *SOCAR Proceedings*, 1, 108-115.
17. Алиев, А. А. (2021). Улучшение реологических свойств геополимеров щелочной активации с применением технологических жидкостей на безводной основе. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, 3(80), 60-67.
18. Salehi, S., Khattak, M. J., Rizvi, H., et al. (2017). Sensitivity analysis of fly ash geopolymer cement slurries: Implications for oil and gas wells cementing applications. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 37, 116-125.
19. Dinesh, K., Sonny, I., Syahrir, R., et al. (2018). The suitability of fly ash based geopolymer cement for oil well cementing applications: A review. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(20), 8296.
20. Adjei, S., Elkatatny, S., Aggrey, W. N., Abdelraouf, Y. (2022, February). The feasibility of using geopolymer in oil-well cementing: A review. IPTC-22130-MS. In: *International Petroleum Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
21. Adjei, S., Abdelaal, A., Elkatatny, S., Abdelfattah, A. M. (2023). Durability of lightweight oil-well geopolymer system in sulfate environment. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 13(1), 439-448.
22. Posi, P., Teerachanwit, C., Tanutong, C., et al. (2013). Lightweight geopolymer concrete containing aggregate from recycle lightweight block. *Materials & Design* (1980-2015), 52, 580-586.
23. Masoule, M. S. T., Bahrami, N., Karimzadeh, M., et al. (2022). Lightweight geopolymer concrete: A critical review on the feasibility, mixture design, durability properties and microstructure. *Ceramics International*, 48(8), 10347-10371.
24. Huiskes, D. M. A., Keulen, A., Yu, Q. L., Brouwers, H. J. H. (2016). Design and performance evaluation of ultra-lightweight geopolymer concrete. *Materials & Design*, 89, 516-526.
25. Soler, L., Candela, A. M., Macanás, J., et al. (2009). In situ generation of hydrogen from water by aluminum corrosion in solutions of sodium aluminate. *Journal of Power Sources*, 192(1), 21-26.
26. (2022). ASTM International. Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete (ASTM C618). <https://doi.org/10.1520/C0618>
27. (2021). ASTM International. Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens (ASTM C496). <https://doi.org/10.1520/C0496-21>
28. (2021). ASTM International. Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading) (ASTM C78). <https://doi.org/10.1520/C0078-21>
29. (2021). ASTM International. Standard test method for static modulus of elasticity and poisson's ratio of concrete in compression (ASTM C469). <https://doi.org/10.1520/C0469-21>
30. Kim, H., Lee, S., Han, Y., Park, J. (2009). Control of pore size in ceramic foams: influence of surfactant concentration. *Materials Chemistry and Physics*, 113(1), 441-444.

References

1. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Shovgenov, A. D. (2022). Theoretical and practical bases of well cementing. Series: Modern oil and gas technologies. *Moscow-Izhevsk: ICS*.
2. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2016). The effect of particle size distribution and the nano-sized additives on the quality of annulus isolation in well cementing. *SOCAR Proceedings*, 4, 4-10.
3. Ahmad, F. F., Gaibaliyev, G. G. (2022). Stimulation of oil inflow by isolating water inflows in the bottomhole zone. *Scientific Petroleum*, 2, 23-27.
4. Qayibova, A. Q., Abbasov, M. M. (2022). Study of innovative water-insulating composition based on urea-formaldehyde resin. *Scientific Petroleum*, 2, 35-39.
5. Sabins, F. L. (1990). Problems in cementing horizontal wells. *Journal of petroleum technology*, 42(04), 398-400.
6. Yuan, Z., Schubert, J., Teodoriu, C., Gardoni, P. (2012, March). HPHT gas well cementing complications and its effect on casing collapse resistance. SPE-153986-MS. In: *SPE Oil and Gas India Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
7. Jafariesfad, N., Sangesland, S., Gawel, K., Torsæter, M. (2020). New materials and technologies for life-lasting cement sheath: A review of recent advances. *SPE Drilling & Completion*, 35(02), 262-278.
8. Zhou, S., Liu, R., Zeng, H., et al. (2019). Mechanical characteristics of well cement under cyclic loading and its influence on the integrity of shale gas wellbores. *Fuel*, 250, 132-143.
9. Khalifeh, M., Saasen, A., Hodne, H., et al. (2018). Geopolymers as an alternative for oil well cementing applications: A review of advantages and concerns. *Journal of Energy Resources Technology*, 140(9), 092801.
10. Aslani, F., Zhang, Y., Manning, D., et al. (2022). Additive and alternative materials to cement for well plugging and abandonment: A state-of-the-art review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 215(B), 110728.
11. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Vishnyakov, V. (2022). Nanocolloids for petroleum engineering: Fundamentals and practices. *John Wiley & Sons*.
12. Araújo, R. G. D. S., Freitas, J. C. D. O., Costa, B. L. D. S., et al. (2019, April). Alternative material to be applied in oil well cementing subjected to high temperatures to avoid compressive strength retrogression. OTC-29397-MS. In: *Offshore Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
13. Ahdaya, M., Imqam, A. (2019). Fly ash Class C based geopolymer for oil well cementing. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 179, 750-757.
14. Salehi, S., Khattak, M. J., Ali, N., et al. (2018). Study and use of geopolymer mixtures for oil and gas well cementing applications. *Journal of Energy Resources Technology*, 140(1), 012908.
15. Suppiah, R. R., Rahman, S. H. A., Irawan, S., Shafiq, N. (2016, November). Development of new formulation of geopolymer cement for oil well cementing. IPTC-18757-MS. In: *International Petroleum Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
16. Veliyev, E. F., Aliyev, A. A. (2022). Comparative analysis of the geopolymer and Portland cement application as plugging material under conditions of incomplete displacement of drilling mud from the annulus. *SOCAR Proceedings*, 1, 108-115.
17. Aliyev, A. A. (2021). Improvement of rheological properties of alkaline-activated geopolymers using anhydrous-based process fluids. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, 3(80), 60-67.
18. Salehi, S., Khattak, M. J., Rizvi, H., et al. (2017). Sensitivity analysis of fly ash geopolymer cement slurries: Implications for oil and gas wells cementing applications. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 37, 116-125.
19. Dinesh, K., Sonny, I., Syahrir, R., et al. (2018). The suitability of fly ash based geopolymer cement for oil well cementing applications: A review. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(20), 8296.
20. Adjei, S., Elkatatny, S., Aggrey, W. N., Abdelraouf, Y. (2022, February). The feasibility of using geopolymer in oil-well cementing: A review. IPTC-22130-MS. In: *International Petroleum Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
21. Adjei, S., Abdelaal, A., Elkatatny, S., Abdelfattah, A. M. (2023). Durability of lightweight oil-well geopolymer system in sulfate environment. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 13(1), 439-448.
22. Posi, P., Teerachanwit, C., Tanutong, C., et al. (2013). Lightweight geopolymer concrete containing aggregate from recycle lightweight block. *Materials & Design* (1980-2015), 52, 580-586.
23. Masoule, M. S. T., Bahrami, N., Karimzadeh, M., et al. (2022). Lightweight geopolymer concrete: A critical review on the feasibility, mixture design, durability properties and microstructure. *Ceramics International*, 48(8), 10347-10371.
24. Huiskes, D. M. A., Keulen, A., Yu, Q. L., Brouwers, H. J. H. (2016). Design and performance evaluation of ultra-lightweight geopolymer concrete. *Materials & Design*, 89, 516-526.
25. Soler, L., Candela, A. M., Macanás, J., et al. (2009). In situ generation of hydrogen from water by aluminum corrosion in solutions of sodium aluminate. *Journal of Power Sources*, 192(1), 21-26.
26. (2022). ASTM International. Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete (ASTM C618). <https://doi.org/10.1520/C0618>
27. (2021). ASTM International. Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens (ASTM C496). <https://doi.org/10.1520/C0496-21>
28. (2021). ASTM International. Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading) (ASTM C78). <https://doi.org/10.1520/C0078-21>
29. (2021). ASTM International. Standard test method for static modulus of elasticity and poisson's ratio of concrete in compression (ASTM C469). <https://doi.org/10.1520/C0469-21>
30. Kim, H., Lee, S., Han, Y., Park, J. (2009). Control of pore size in ceramic foams: influence of surfactant concentration. *Materials Chemistry and Physics*, 113(1), 441-444.

Разработка облегченного тампонажного материала на основе геополимера и газообразующего агента

Э. Ф. Велиев, А. А. Алиев

НИПИ «Нефтегаз», SOCAR, Баку, Азербайджан

Реферат

Наиболее перспективным альтернативным тампонажным материалом, по мнению большинства исследователей, являются геополимеры - неорганические цементирующие материалы, образующиеся в результате реакции алюмосиликатов с щелочным активатором. Особый интерес представляют облегченные геополимерные растворы позволяющие значительно расширить условия применения подобных систем в операциях крепления. Для создания облегченных геополимерных растворов, в представленном исследовании в качестве газообразующих агентов были использованы: ферросилициевый шлак и алюминиевый порошок (АП). Ферросилициевый шлак (ФСС) — это побочный продукт промышленности, который основан на процессе окисления свободного кремния в ходе химической реакции. Применение ФСС и АП приводит к снижению удельного веса исследуемых образцов на 27% и 23%, улучшению их механических свойств в частности увеличило прочность на сжатие на 3.9%, прочность при изгибе и модуль упругости на 2.8% и 3.7% соответственно, сопротивление при раскалывании на 5.9% по сравнению с применением в качестве облегчающей добавки АП.

Ключевые слова: геополимер, газообразующий агент, цементирование скважин, облегченный цемент, зональная изоляция.

Geopolimer və qaz əmələ gətirən reagentlər əsasında yüngülləşdirilmiş tamponaj materiallarının işlənilməsi

E. F. Vəliyev, Ə. A. Əliyev

«Neftqazəlmətdiqatlayihə» İnstitutu, SOCAR, Bakı, Azərbaycan

Xülasə

Əksər tədqiqatçıların fikrincə, ən perspektivli alternativ tamponaj materialı geopolimerlərdir. Onlar alümosilikatlar və qələvi aktivatorların reaksiyası nəticəsində yaranan qeyri-üzvi tamponaj materiallarıdır. Yüngülləşdirilmiş geopolimer məhlulları xüsusilə diqqət mərkəzindədir, belə ki, bu sayədə onların tətbiq olunma şəraitlərini kifayət qədər artırmaq mümkündür. Hazırkı tədqiqatda yüngülləşdirilmiş geopolimer tərkibinin hazırlanmasında qaz əmələ gətirən Aluminium tozu (AP) və Ferrosilisiyum şlakından (FSS) istifadə olunmuşdur. Ferrosilisiyum şlakı ferrosilikon istehsalı zamanı yaranmış tullantı materialıdır. AP və FSS-in geopolimer tərkibində istifadəsi onun sıxlığının müvafiq olaraq 23 və 27% azalmasına səbəb olur. AP ilə müqayisədə FSS-in tətbiqi zamanı mexaniki göstəricilərin, xüsusilə də, sıxılmaya qarşı müqavimətin 3.9%, əyilməyə qarşı müqavimətin 2.8%, elastiklik modulunun 3.7% və parçalanmaya qarşı müqavimətin 5.9% daha yüksək göstəricilərə malik olduğu aşkar olunmuşdur.

Açar sözlər: geopolimer; qaz əmələ gətirən reagent; quyuların sementlənməsi; yüngülləşdirilmiş tamponaj materialları; təmir-izolyasiya işləri.