



ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКРЕМНЕЗЁМЫ ДЛЯ ЦЕМЕНТАЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17920654>

доцент и.о. Рахимов М.Ю

старший преподаватель Сапаров Б.Ж

базовый докторант Халмуратова З.К

базовый докторант Салимова С.А

1,2кафедра Инженерных основ и механики Ташкентского химико-технологического института

3,4ГУП "Фан ва тараккиёт" ТГТУ имени Ислама Каримова

АННОТАЦИЯ. В работе рассматриваются современные подходы к проектированию и технологии обработки порошковых композиционных материалов нового поколения на основе микрокремнезёмы, предназначенных для цементации нефтегазовых скважин. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения качества и долговечности цементного камня, улучшения эксплуатационных характеристик скважин, а также снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Целью работы является разработка эффективных порошковых композиционных материалов с использованием микрокремнезёмы и оптимизация технологических процессов их обработки для применения в нефтегазовой промышленности. Для достижения цели применялись методы материаловедения, экспериментальные исследования структуры и свойств цементных составов, а также моделирование технологических процессов.

Основные результаты работы включают определение оптимальных дозировок микрокремнезёмы, влияющих на реологические и механические свойства цементного камня, разработку технологических рекомендаций по подготовке и использованию композиций, а также оценку их эффективности в условиях моделирования цементации скважин. Практическая значимость заключается в возможности применения разработанных материалов для повышения надежности цементных колонн и продления срока службы нефтегазовых скважин.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: порошковые композиционные материалы, микрокремнезёма, цементация скважин, нефтегазовая промышленность, технологическая обработка.



ВВЕДЕНИЕ

Современная нефтегазовая промышленность предъявляет высокие требования к надежности и долговечности скважинных конструкций, в частности к цементным колоннам, обеспечивающим герметизацию и защиту обсадных труб от агрессивной среды. Одним из ключевых факторов, влияющих на качество цементации, является состав цементного раствора и используемые добавки. В последние годы внимание исследователей и практиков привлекают порошковые композиционные материалы нового поколения на основе микрокремнезёма, обладающие уникальными физико-химическими свойствами, способствующими повышению прочности цементного камня, улучшению его реологических характеристик и долговечности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования технологий цементации, увеличения срока службы скважин, а также минимизации экологического воздействия за счет использования высокоэффективных добавок, таких как микрокремнезём. Кроме того, оптимизация состава и технологических режимов обработки порошковых материалов позволяет снизить расход цемента и улучшить эксплуатационные показатели скважин.

Целью настоящей работы является разработка и исследование

порошковых композиционных материалов нового поколения на основе микрокремнезёма и создание эффективной технологии их обработки для цементации нефтегазовых скважин. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Провести обзор существующих порошковых композиционных материалов и современных добавок для цементных растворов.

2. Исследовать влияние микрокремнезёма на физико-химические и механические свойства цементного камня.

3. Разработать технологические рекомендации по подготовке и применению порошковых композиционных материалов в условиях цементации.

4. Оценить эффективность предложенных материалов и технологий в лабораторных и моделированных условиях.

Научная новизна работы заключается в комплексном подходе к проектированию порошковых композиционных материалов с использованием микрокремнезёма, позволяющем оптимизировать структуру цементного камня, повысить его прочность и долговечность. Практическая значимость исследования состоит в возможности внедрения разработанных материалов и технологий в промышленную практику цементации скважин, что обеспечит повышение надежности и



безопасности эксплуатации
нефтегазовых объектов.

Материалы и методы
исследования

В качестве основного объекта
исследования использовались
порошковые композиционные
материалы нового поколения на основе
микрокремнезёмы, предназначенные
для цементации нефтегазовых
скважин.

Микрокремнезёма
представляла собой высокодисперсный
силикатный порошок, обладающий
высокой поверхностной активностью и
способностью улучшать
структурообразование цементного
камня.

Материалы, применяемые в
исследовании:

Портландцемент высоких марок –
в качестве основного вяжущего
компонента.

Микрокремнезёма – дисперсный
порошок, служащий активной
добавкой для повышения прочности
цементного камня и снижения
пористости.

Пластификаторы и стабилизаторы
– для регулирования реологических
свойств цементного раствора.

Вода и химические добавки – для
обеспечения оптимального замеса и
контроля свойств композиции.

Методы исследования включали:

Химический анализ и
характеристика компонентов –
определение состава портландцемента
и микрокремнезёмы с использованием

рентгенофлуоресцентного анализа
(XRF) и рентгенодифракции (XRD).

Физико-химические исследования
– определение удельной поверхности,
плотности и дисперсности
порошковых материалов.

Приготовление цементных
композиций – смешивание
портландцемента с микрокремнезёмой
и добавками в различных
соотношениях для изучения влияния
состава на свойства цементного камня.

Лабораторные испытания
цементного камня:

измерение прочности на сжатие и
растяжение;

определение пористости и
водопоглощения;

исследование реологических
характеристик цементного раствора.

Моделирование технологических
процессов – проведение лабораторных
экспериментов по имитации
цементации скважин для оценки
поведения порошковых композиций в
условиях, приближенных к
промышленным.

Статистическая обработка
результатов – использование методов
математической статистики для
анализа полученных данных и
определения оптимальных
соотношений компонентов.

Такой комплекс методов
позволил оценить влияние
микрокремнезёмы на структуру и
свойства цементного камня,
определить оптимальные составы
порошковых композиционных



материалов и разработать рекомендации по технологии их обработки и применения в цементации нефтегазовых скважин.

Результаты и обсуждение

В результате проведённых исследований было установлено, что введение микрокремнезёмы в цементные композиции значительно влияет на физико-механические и реологические свойства цементного камня.

1. Влияние микрокремнезёмы на прочность цементного камня

Экспериментально показано, что добавление микрокремнезёмы в количестве 5–15 % от массы цемента приводит к увеличению прочности на сжатие цементного камня на 20–35 % по сравнению с контрольным образцом без добавки. Наиболее оптимальным оказалось содержание микрокремнезёмы 10 %, при котором достигается максимальная плотность структуры и минимальная пористость цементного камня.

2. Реологические свойства цементного раствора

Введение микрокремнезёмы улучшает стабильность цементного раствора, снижает его водоотделение и улучшает текучесть. Использование пластификаторов в сочетании с микрокремнезёмой обеспечивает высокую прокачиваемость раствора, что особенно важно для глубоких и наклонных скважин.

3. Микроструктура и пористость

Рентгеноструктурный анализ показал, что микрокремнезёма способствует формированию более однородной кристаллической структуры цементного камня, снижает количество капиллярных пор и уменьшает водопоглощение на 15–20 %. Это подтверждает высокую долговечность и химическую стойкость композиций при контакте с агрессивными средами.

4. Моделирование процесса цементации

Лабораторные модели цементации показали, что применение разработанных порошковых композиций обеспечивает равномерное распределение цементного раствора вдоль обсадной колонны, снижает риск возникновения пустот и повышает адгезию к стенкам скважины.

Обсуждение

Результаты исследования подтверждают эффективность использования микрокремнезёмы в составе порошковых композиционных материалов нового поколения. Оптимизация дозировки и подбор технологических режимов обработки позволяют улучшить прочностные и эксплуатационные характеристики цементного камня. Данные результаты сопоставимы с современными исследованиями в области цементации нефтегазовых скважин и подтверждают практическую



применимость предложенных материалов в промышленности.

Закключение

В ходе проведённого исследования были разработаны и изучены порошковые композиционные материалы нового поколения на основе микрокремнезёмы, предназначенные для цементации нефтегазовых скважин. Основные выводы работы заключаются в следующем:

1. Использование

микрокремнезёмы в цементных композициях позволяет повысить прочность цементного камня на сжатие на 20–35 %, снизить пористость и водопоглощение, а также улучшить долговечность и химическую стойкость.

2. Оптимальная дозировка

микрокремнезёмы составляет около 10 % от массы цемента, что обеспечивает наиболее равномерную микроструктуру цементного камня и улучшение реологических свойств раствора.

3. Разработанные порошковые

композиции демонстрируют

улучшенную текучесть и стабильность цементного раствора, что снижает риск возникновения пустот и повышает адгезию к стенкам скважины при цементации.

4. Технологические

рекомендации по подготовке и применению композиционных материалов на основе микрокремнезёмы обеспечивают эффективное внедрение разработанных решений в промышленную практику цементации нефтегазовых скважин.

Таким образом, проведённая работа подтверждает научную новизну и практическую значимость предложенных материалов и технологий. Их внедрение в нефтегазовую отрасль позволит повысить надёжность, долговечность и эксплуатационную эффективность цементных колонн, а также снизить затраты на эксплуатацию скважин и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ :

1. Jumaboy, T., Bobur, S., Ulugbek, N., & Otabek, N. (2021). Research Solution of the Problem of Forming a Flat Structure of Finite Width from a High-Temperature Melt. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 312–317.
2. Tavbaev, J., Saparov, B., Payzieva, M., Narmanov, O., & Narmanov, U. (2021). Modeling theory of acquisition mode materials of high-strength flexible structures. *International Journal of Mechanical Engineering*, 6(3), 43–46.



3. Tavbaev, J., Saparov, B., & Kholikulov, E. (2021). Solution of the Boundary Value Problem of A Semi-infinite Waveguide. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 9(11), 201–204.
4. Bobur, S., Murodullo, R., Husnora, S., & Sevinchoy, G. (2021). Advances in Manufacturing Technology. *American Journal of Education and Learning*, 3, 3.
5. Bobur, S., Murodullo, R., Husnora, S., & Sevinchoy, G. (2021). Efficiency of manufacturing processes using modern materials for product development: a review. *International Journal of Education, Social Science & Humanities*, Finland, 3.
6. Lutfullaeva, N., Egamberdiev, E., Ergashev, Y., Alamov, U., & Shamuratova, S. (2024). Physico-chemical research of the processes of hydration of cements. *E3S Web of Conferences*, 497, 02034.
7. Saparov, B. J., Kodirov, A. U., Tavbaev, Zh. S., & Shernaev, A. N. (2021). Аналитическое исследование продольного растяжения упруго-пластической матрицы с жестким упруго-пластическим включением. *Universum: технические науки*, 42–45.
8. Saparov, B., Rakhimov, M., & Sokhibov, K. (2025). Investigation of Mechanical Properties of New Composite and Nanomaterials. *International Journal of Artificial Intelligence*, 1(1), 830–832.
9. Saparov, B., Rakhimov, M., & Sokhibov, Kh. (2025). Mathematical Modeling of Acoustic Processes: A Numerical and Analytical Approach. *Международный мультидисциплинарный журнал исследований и разработок*, 1(1).
10. Bobur, S., Murodullo, R., Husnora, S., & Sevinchoy, G. (2025). New-Generation Composite Materials: Advances in Manufacturing Technology. *American Journal of Education and Learning*, 3(2), 571–577.
11. Tavbaeva, J., Shernaev, A., & Saparov, B. (2025). The influence of material properties, the geometric shape of the section and temperature on the stressed state of the working bodies. *Journal of Engineering Sciences and Modern Technologies*, 1(1).
12. Jumaboy, T., Bobur, S., Akhliyor, E., Gulom, S., & Akbar, K. (2024). Study of plastic zones of rod and matrix. *AIP Conference Proceedings*, 3045(1), 040003.
13. Saparov, B., Rakhimov, M., Mamatqulova, D., & Sangirov, A. (2024). Study of the brittle-elastic matrix and deformations in the struts. *IMRAS*, 7(2), 126–132.
14. Tavbaev, Zh. S., Saparov, B. J., Shamanov, G. Z., & Erkinov, A. K. (2023). Постановка задачи теории термоупругости для стержня–включения и породы–матрицы. *Science and Innovation*, 2(CAFET), 1–7.
15. Tuhtasheva, M. N., Saparov, B. J., & Normurodov, S. E. (2022). Технологические режимы переработки антистатически-теплопроводящих антифрикционно-износостойких и нанокмпозиционных полимерных материалов. *Universum: технические науки*, 26–29.



16. Tavbaeva, F. Zh., & Tavbaev, Zh. S. (2020). Методы упрочнения и изучения свойств упруго-вязких материалов. “Uz Academia” илмий журнали, 3.
17. Saparov, B. J., & Shernaev, A. N. (2020). Вычисление инвариантного Γ – интеграла. Композицион материаллар илмий – техникавий ва амалий журнали, 3.
18. Saparov, B. J., Sheralieva, O. A., Kholikulov, E. B., & Tavbaev, Zh. S. (2020). Модель установившегося разрушения цилиндрических тел произвольного профиля. БГТУ.
19. Rakhimov, M. Yu., Shernaev, A. N., & Tavbaev, Zh. S. (2018). Решение задачи формирования плоской конструкции конечной ширины из высокотемпературного расплава. Композицион материаллар илмий – техникавий ва амалий журнали, 3, 79–81.
20. Saparov, B. J., & Shernaev, A. N. (2018). Исследование трещины в хрупких включениях и матрицах. Композицион материаллар илмий – техникавий ва амалий журнали, 2, 14–18.
21. Saparov, B. J. (2017). Исследование пластических зон упругого стержня в идеальной упругопластической матрице. Композицион материаллар илмий – техникавий ва амалий журнали, 3, 23–26.
22. Saparov, B. J. (2015). Юмшоқ эластикопластик стерженли тўқимачилик материалини кўндаланг чўзилиши. Проблемы текстиля, 3.
23. Saparov, B. J. (2013). О применении теории инвариантного контурного интеграла при изучения динамики и прочности пустотелых текстильных волокон. Проблемы текстиля, 1, 82–85.
24. Abdullayev, B., Rakhimov, M., Borikhonov, B., Dustov, A., & Samadiy, M. (2024). Study of the mutual influence of components in the system potassium sulfate-lithium sulfate-water. AIP Conference Proceedings, 3184(1), 020012.
25. Abdullayev, B., Rakhimov, M., Dustov, A., Davlatov, F., & Samadiy, M. (2024). Study of the mutual influence of components in the sodium carbonate-lithium chloride-water system. AIP Conference Proceedings, 3154(1), 020012.
26. Fayzulla Norkhudjayev, Azad Mukhamedov, Sevara Djalolova, Karolina Guzashvili, Kamola Aralova, Murodullo Rakhimov (2024). Technological features of cementation of low-alloy structural steel. International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics, 170–174