



**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 микрокремнезёмы, 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 микрокремнезёма. 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 микрокремнезёмы 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 микрокремнезёмы 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 микрокремнезёмы, 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.

#### **Заключение**

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.



# Latin American Journal of Education

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 нанокомпозиционных полимерных материалов. Universum: технические науки, 26–29.



16. Tavbaeva, F. Zh., & Tavbaev, Zh. S. (2020). Методы упрочнения и изучения свойств упруго-вязких материалов. “Uz Academіа” илмий журнали, 3.
17. Saparov, B. J., & Shernaev, A. N. (2020). Вычисление инвариантного Г – 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 түқимачилик материалини кўндаланг чўзилиши. Проблемы текстиля, 3.
23. Saparov, B. J. (2013). О применении теории инвариантного контурного интеграла при изучения динамики и прочности пустотельных 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