

Никита Евгеньевич
Тарасов

**Химические
добавки для
цементных
растворов
Классификация,
свойства
и применение**

Никита Тарасов

**Химические добавки для
цементных растворов.
Классификация,
свойства и применение**

«Издательские решения»

Тарасов Н. Е.

Химические добавки для цементных растворов. Классификация, свойства и применение / Н. Е. Тарасов — «Издательские решения»,

ISBN 978-5-00-676826-0

Эта книга представляет собой комплексное руководство по современным химическим добавкам, используемым в цементных растворах. В издании подробно рассмотрены классификация добавок, их физико-химические свойства, механизмы действия и влияние на характеристики строительных смесей.

ISBN 978-5-00-676826-0

© Тарасов Н. Е.
© Издательские решения

Содержание

Предисловие	6
Конец ознакомительного фрагмента.	12

Химические добавки для цементных растворов. Классификация, свойства и применение

Никита Евгеньевич Тарасов

© Никита Евгеньевич Тарасов, 2026

ISBN 978-5-0067-6826-0

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

«Химические добавки для цементных растворов»

Предисловие

Цементирование скважин – один из ключевых технологических процессов в нефтегазовой промышленности, определяющий долговечность, надежность и безопасность эксплуатации скважин. Качественное цементирование предотвращает межпластовые перетоки, коррозию обсадных колонн, газопроявления и другие осложнения, которые могут привести к аварийным ситуациям и значительным экономическим потерям.

В данной книге всесторонне рассмотрены классификация, физико-химические свойства и практическое применение химических добавок для цементных растворов. Особое внимание уделено современным технологиям, позволяющим адаптировать состав цементных систем под конкретные условия скважины – температуру, давление, минерализацию пластовых вод, наличие агрессивных компонентов (H_2S , CO_2) и другие факторы.

Материал книги основан на многолетнем опыте автора в области технологии цементирования, а также на актуальных научных исследованиях и практических наработках ведущих нефтегазовых компаний. Книга сочетает в себе глубину технического анализа с доступностью изложения, что делает ее полезной для широкого круга специалистов:

Инженеров-технологов, занимающихся проектированием и оптимизацией цементировочных растворов.

Специалистов сервисных компаний, осуществляющих цементирование скважин на месторождениях.

Научных сотрудников, исследующих новые материалы и технологии для нефтегазовой отрасли.

Студентов и аспирантов, изучающих нефтегазовое дело, строительные материалы и химические технологии.

Структура книги.

Каждая глава содержит:

Теоретическую часть с детальным объяснением механизмов действия добавок на молекулярном и макроскопическом уровнях.

Практические рекомендации по дозировкам, методам контроля качества растворов.

Реальные примеры из практики цементирования скважин, включая анализ успешных решений и типичных ошибок.

Нормативные и справочные материалы

При подготовке книги использовались следующие нормативные документы и стандарты:

Международные стандарты:

API Spec 10A (Specification for Cements and Materials for Well Cementing).

API RP 10B-2 (Recommended Practice for Testing Well Cements).

ISO 10426—1 (Petroleum and natural gas industries – Cements and materials for well cementing).

ГОСТы и российские нормативы:

ГОСТ 1581—96 (Портландцементы тампонажные. Технические условия).

ГОСТ 26798.1—96 (Цементы тампонажные. Методы испытаний).

РД 39-0147103-339-88 (Инструкция по цементированию скважин).

Отраслевые рекомендации:

Технические регламенты ведущих нефтегазовых компаний (Роснефть, Газпром, Лукойл).

Методические указания по применению добавок в сложных геологических условиях (например, для ММП или высокотемпературных скважин).

Цель книги – не только систематизировать знания о химических добавках, но и предоставить читателям практические инструменты для:

Оптимизации рецептур цементных растворов под конкретные условия.

Предотвращения типичных проблем (расслоение растворов, газопроявления, недостаточная прочность).

Повышения эффективности цементирования при снижении затрат.

Книга станет незаменимым руководством для специалистов, стремящихся к совершенствованию технологий и обеспечению безаварийной работы скважин на протяжении всего их жизненного цикла.

Содержание.

– Введение.

– Роль химических добавок в цементировании скважин.

– Основные требования к цементным растворам.

– Классификация химических добавок.

– Ускорители схватывания

– Замедлители схватывания

– Облегчающие и утяжеляющие добавки

– Диспергаторы

– Добавки для контроля водоотдачи и поглощения

– Стабилизаторы прочности

– Добавки для предотвращения миграции газа.

– Ускорители схватывания цементного раствора.

– Хлорид кальция (CaCl_2): свойства, механизм действия, дозировки.

– Хлорид натрия (NaCl): применение в различных температурных условиях.

– Гипс и полугидрат сульфата кальция: контроль гидратации и ранняя прочность.

– Силикаты (Diasel A): особенности использования.

– Практические примеры и рекомендации.

– Замедлители схватывания.

– Органические и неорганические замедлители.

– Полимерные и комплексные добавки.

– Влияние температуры на эффективность замедлителей.

– Облегчающие добавки.

– Бентонит, силикаты, диатомовая земля.

– Вспученный перлит, пуццолан, гильсонит.

– Полые сферы и пеноцемент: технологии и преимущества.

– Утяжеляющие добавки.

– Железная руда, барит, песок.

– Роль диспергаторов в утяжеленных растворах.

– Диспергаторы

– Полимерные диспергаторы.

– Соль и её влияние на реологические свойства.

– Совместимость с другими добавками

– Добавки для контроля водоотдачи и поглощения.

– Полимерные добавки (ГЭЦ, КМЦ, ПАА)

– Микро и нанодисперсные наполнители.

– Латексные добавки и синтетические смолы.

– Стабилизаторы прочности.

– Микрокремнезем, металлические волокна.

- Латексные и нанополимерные добавки.
- Золь – гель системы и их применение.
- **Добавки для предотвращения миграции газа.**
- Пеногасители, микронаполнители.
- Расширяющиеся добавки и полимерные мембраны.
- Химические поглотители газа.
- **Практические аспекты применения добавок.**
- Совместимость и синергия добавок.
- Примеры готовых решений
- Готовые цементные системы.
- **Заключение.**
- Перспективы развития химических добавок.
- Рекомендации по выбору и использованию.

Ускорители схватывания цементного раствора – основной целью данных добавок является увеличение раннего набора прочности тем самым сокращая ОЗЦ. Несколько видов приведены ниже.

Хлорид кальция (CaCl_2):

Хлорид кальция – это самый широко применяемый ускоритель, высоко эффективен и имеет широкую область применения. Применяется в дозировках 1—4% в зависимости от массы цемента. значительно сокращает время начального схватывания цемента, что особенно полезно при низких температурах (зимой или в холодном климате), когда гидратация цемента замедляется. При большей концентрации увеличиваются реологические свойства цементного раствора, и время загустевания, что в свою очередь может сделать не прокачиваемый цементный раствор с риском преждевременного схватывания.

Хлорид натрия (NaCl):

Хлорид натрия обеспечивает ранний набор прочности при малом процентном содержании (1—12%) в зависимости от массы воды. От 18 – 37% может использоваться в качестве замедлителя для достижения умеренных температур. понижает точку замерзания воды, позволяя работать с раствором при температурах до -5°C (в некоторых случаях до -10°C).

Полугидрат или Гипс:

Данная добавка используется в том случае, когда необходимо обеспечить очень быстрое схватывание цементного раствора. Применяется от 5—150% в зависимости от массы цемента. Регулирование сроков схватывания (контроль гидратации цемента). В портландцементе гипс (обычно в виде полугидрата или дигидрата) добавляют на этапе помола клинкера (3—5% от массы цемента), чтобы предотвратить мгновенное схватывание (явление «флэш-схватывания»). Гипс замедляет реакцию гидратации алюминатной фазы (C_3A) в цементе, обеспечивая нормальное время для работы с раствором (обычно 1—3 часа). Улучшение прочности и уменьшение усадки. Гипс способствует образованию этtringита на ранних стадиях твердения, что повышает раннюю прочность цемента. Снижает риск усадки и трещинообразования за счёт оптимизации структуры цементного камня. Использование в специальных цементах. В гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ) гипс смешивают с цементом и минеральными добавками для получения быстротвердеющих растворов, безусадочных и расширяющихся смесей (например, для ремонтных составов). Гипс в цементном растворе нужен для контроля скорости схватывания. Повышения ранней прочности, снижения усадки.

Cal – Seal:

Содержит полугидратную форму сульфата кальция для ускорения схватывания цемента, борьбы с поглощениями, и обладает тиксотропными свойствами. Увеличивает вязкость и спо-

способствует раннему набору прочности. Так же используется для цементирования зон ММП, поскольку он обеспечивает низкую теплоту гидратации, что способствует быстрому схватыванию при отрицательных температурах.

Силикаты – (Diacel A):

Могут использоваться в тех особых случаях, когда другие добавки оказались неэффективными или имели негативный эффект на другие добавки. Используется в количестве 1—10% в зависимости от массы цемента.

Diacel A – это силикатная добавка на основе жидкого стекла (силиката натрия или калия), которая применяется в цементных растворах для улучшения их свойств. Основные функции: Ускорение схватывания и твердения. Жидкое стекло резко сокращает время схватывания цемента (иногда до нескольких минут), что в свою очередь осуществляет быстрый набор прочности в экстренных случаях. Силикаты заполняют поры цементного камня, образуя нерастворимые соединения.

Морская вода – простой вариант в условиях работы на платформе либо при эксплуатации месторождений, где присутствуют солевые отложения.

Замедлители схватывания цементного раствора. Целью использования данных добавок является замедление времени схватывания цементного раствора. Высокие температуры в глубоких скважинах способствуют быстрому схватыванию цементного раствора. Чем выше температура, тем быстрее схватится цементный раствор. Например, определенный замедлитель может быть эффективен при температуре от 46 до 107 °С. При температуре выше 107 °С, данная добавка может распасться или потребовать большего экономически не выгодного количества, и в таком случае будет использоваться другая добавка, с более высоким диапазоном температур с надежными характеристиками. Большинство замедлителей являются органическими соединениями. Вода для затворения, взятая из источника на объекте так же может быть с источником органических веществ. Добавки для контроля водоотдачи также могут замедлять время загустевания цементного раствора, после определенных концентраций. (Например, как floss 500 после 0,4% при высокой температуре работает как замедлитель, это его вторичное свойство.)

Вот несколько подвидов замедлителей:

– **Органические.** (Гидроксикарбоновые кислоты и их соли (например, лимонная, винная, глюконовая кислоты); (Сахара и производные (сахароза, глюкоза, меласса) – эффективны даже в малых дозах.); Лигносульфонаты (побочный продукт целлюлозно-бумажной промышленности) – часто входят в состав комплексных добавок.

– **Неорганические.** Фосфаты и бораты (например, тетраборат натрия). Соли цинка и свинца (редко из-за токсичности). Нитраты и сульфаты (могут влиять на прочность).

– **Полимерные.** Поликарбоксилаты (в составе суперпластификаторов с эффектом замедления). Полиакрилаты (используются в комбинации с другими модификаторами).

– **Комплексные добавки.** Сочетают замедляющий эффект с пластифицирующими или воздухововлекающими свойствами (например, лигносульфонаты + пластификаторы).

Облегчающие добавки.

Основное назначение облегчающих добавок – уменьшение плотности цементных растворов. Причинами уменьшения плотности цементных растворов являются:

– Породы с низким градиентом гидроразрыва пласта;

– Экономические соображения. (стоимость облегченного цементного раствора в разы дешевле, цементного раствора нормальной плотности)

Облегчающие добавки забирают дополнительную воду при смешивании и удерживают твердую фазу раствора в подвешенном состоянии с целью предотвращения образования сво-

бодной воды и осадка. (Если, например, использовать плотность ОЦР 1,5 г/см³, не применяя облегчающих добавок, то коэффициент себестоимости раствора будет очень дорогим, так как придется добавлять понизители фильтрации, структурообразователи что бы не было усадки и свободной воды, гораздо дешевле добавить облегчающую добавку что будет целесообразным применением к данным типам растворов). Облегчающие добавки также могут использоваться с целью предотвращения миграции газа в затрубном пространстве, особенно при цементировании ННС – (наклонно-направленных скважин). Если не использовать облегчающие добавки свободная вода в ННС, поднимется до верха МКП (межколонного пространства) оставляя не зацементированные каналы оставляя таким образом потенциальную возможность для проникновения газа и скважинных флюидов. Также может быть негерметичность межколонного пространства. Тестирование на свободную воду проводится в колбе, 200 мл., при угле наклона 45 градусов.

Вот несколько подвидов облегчающих добавок:

– **Бентонит** – это коллоидальная глина, которая разбухает при контакте с водой в десятки раз от первоначального объёма. Это дешёвая добавка, которая может использоваться для уменьшения веса раствора до 1,4—1,6 г/см³. При этом, добавка может влиять на время загустевания, реологические показатели и фильтрацию цементного раствора, в зависимости от концентрации.

– **Силикаты** – это реагенты, являющиеся эффективными ускорителями и в то же время облегчающими добавками. В отличии от бентонита их требуется меньшее количество из-за большой потребности в воде. Так же они могут создавать «пышность» раствора, при этом не сильно влияя на реологические свойства цементного раствора.

– **Диатомовая земля** – является более дорогой добавкой, основным преимуществом которой является большая площадь распространения воды в цементном растворе. Незначительно увеличивает вязкость раствора.

– **Вспученный перлит** – это вещество, вулканического происхождения разрабатывается, размалывается, сортируется и вспучивается под действием нагрева, формируя ячейки. При закачке данные ячейки заполняются водой либо разрушаются под действием скважинного давления. В зависимости от результатов давления, они формируют схватившийся цементный раствор с более высокой прочностью и меньшим объёмом, чем наблюдалось при атмосферных условиях.

– **Пуццолан** – это побочный продукт угольных электростанций, зольная пыль. Это кремнистый материал, который при взаимодействии с известью и водой, даёт вяжущие свойства. Поскольку пуццолан обладает более низким удельным весом, чем цемент, они могут смешиваться в различных пропорциях с цементом и бентонитом облегчая цементный раствор.

– **Гильсонит** – Природный углеводород, может использоваться отдельно или совместно с другими облегчающими добавками для уменьшения плотности цементного раствора и обеспечения закупоривающего реагента во избежание риска поглощения при цементировании скважины. Также применим к буровым растворам. Обладает низким удельным весом и низкой водопотребностью.

– **Полые сферы (микросферы, стеклосферы)** – Полые сферы обладают низким удельным весом и поэтому могут использоваться в приготовлении цементных растворов с малой плотностью. Полые сферы обеспечивают цементный раствор малым удельным весом, равный 0,959 г/см³, меньше чем у воды.

– **Пеноцемент** – это скорее модификация готового цементного раствора, чем добавка, с добавлением газа в цементный раствор. Цементные растворы с экстремально низкой плотностью могут быть образованы путем включения пузырьков диспергированного газа и удержания их в растворе до его схватывания. Пеноцемент применяется при цементировании скважин для

решения нескольких ключевых задач, связанных с улучшением качества изоляции и снижением негативного воздействия на слабые пласты.

Основные цели применения пеноцемента:

Облегчение цементного раствора.

Пеноцемент имеет низкую плотность (может достигать 600—1200 кг/м³), что позволяет использовать его в слабых и неустойчивых породах, где обычный цементный раствор может вызвать разрушение пласта или поглощение жидкости.

Снижение гидростатического давления.

За счет пористой структуры пеноцемент уменьшает давление на стенки скважины и продуктивные пласты, предотвращая их повреждение.

Улучшение изоляционных свойств.

Пеноцемент обладает высокой адгезией к стенкам скважины и лучше заполняет каверны и трещины, улучшая герметизацию.

Воздушные поры в пеноцементе снижают теплопроводность, что полезно при цементировании скважин в условиях вечной мерзлоты или высоких температур.

Повышение устойчивости к механическим нагрузкам.

После затвердевания пеноцемент сохраняет достаточную прочность, но при этом обладает некоторой эластичностью, что снижает риск растрескивания при подвижках породы.

Типичные случаи применения:

Цементирование слабых и трещиноватых пластов (предотвращение поглощений).

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.