

ТЕХНОЛОГИЯ УКРЕПЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАСТОВ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Хайдаров Ислам Касимович –
доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент Каршинского государственного
технического университета

Дусмуродов Эргаш Бозорович –
доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент Каршинского государственного
технического университета

Шабонова Шахноза Шарофиддин кизи –
магистрант Каршинского государственного технического университета

Аннотация

В статье представлены результаты практических работ по эффективному бурению солевых пластов, образующих агрессивную среду, и качественному укреплению стенок скважин. Исследованы виды, свойства и параметры томманажных растворов, применяемых для геологически сложных солевых пластов. В связи с этим работы, проведенные для этих пластов, обеспечивают успешное протекание процесса укрепления скважин, разработан состав модифицированного томпанажного раствора "Зола-М1" на основе местного сырья и промышленных отходов, а также приведены практические решения по его применению в сложных пластах.

Ключевые слова: тампонажные растворы, укрепление скважин, водоцементный показатель, цементирующая головка, затвердевание раствора, зольные смолы, смесительная полость, наклонные и горизонтальные скважины, расход жидкости, аварийные осложнения, реологическая характеристика, динамическое напряжение сдвига.

Annotation

The article presents the results of practical work on the effective drilling of salt layers that form an aggressive environment and the qualitative reinforcement of well walls. The types, properties, and parameters of tommanage solutions used for geologically complex salt beds have been investigated. In this regard, the work performed for these strata ensures the successful execution of the well reinforcement process; the composition of the modified "Zola-M1" tamping mortar based on local raw materials and industrial waste has been developed, and practical solutions for its application in complex strata have been presented.

Введение. Бурение соленосных пластов является одним из сложных технологических процессов. При бурении соленосных пластов основные показатели — параметры бурового раствора, режим бурения, а также буровое оборудование — постоянно находятся под контролем.

Несвоевременное выполнение буровых работ в соответствии с планом может привести к возникновению осложнений, оказывающих негативное влияние на процесс бурения. Это, в свою очередь, приводит к затягиванию сроков буровых работ, увеличению материальных затрат, а также возникновению аварийных ситуаций и осложнений.

Анализ поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин, пробурённых в Узбекистане за последние 20 лет, показывает, что осложнения и аварийные ситуации в основном происходили именно в процессе бурения сложных пластов (см. рис. 1).

Согласно анализу, из 250 пробурённых за данный период скважин в 241 случае осложнения возникали в процессе бурения сложных и глинистых пластов. Наблюдались прихваты бурильных труб и обсадных колонн, а также заклинивание обсадных труб. Изучение причин данных явлений показывает, что они связаны с наличием соленосных пластов и сложными геологическими условиями.

Согласно этим данным, более половины осложнений, возникающих при бурении соленосных и сложных пластов, напрямую связаны с качеством бурового раствора и правильностью управления его параметрами. (Рис. 1).

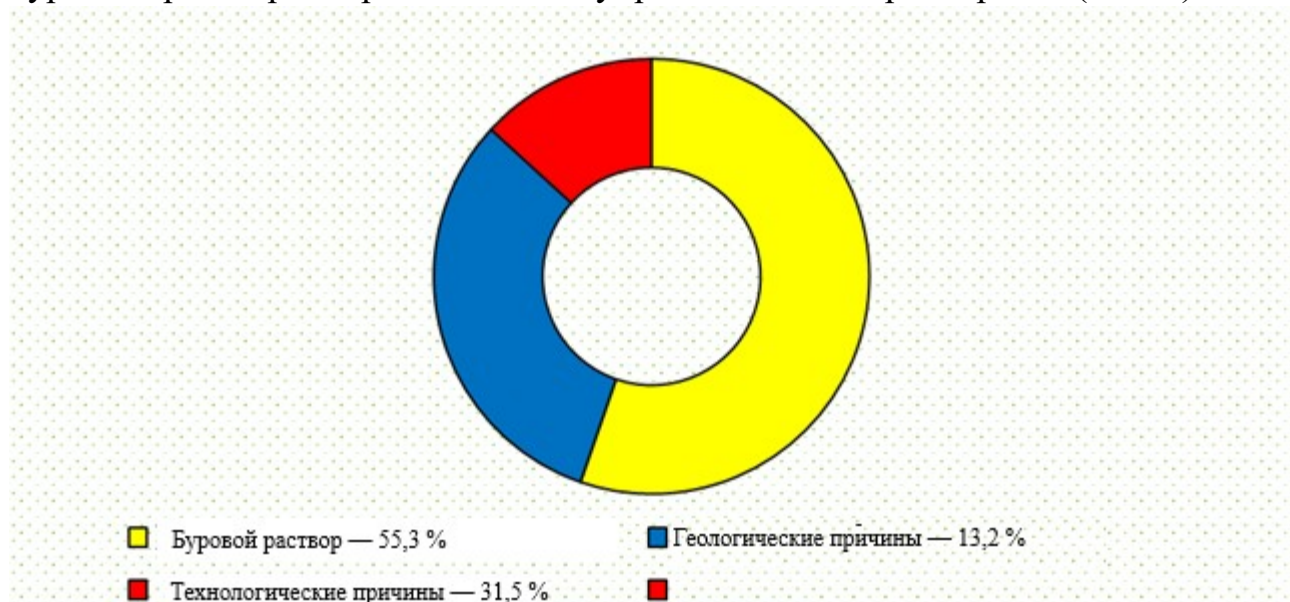


Рис. 1. Распределение причин возникновения осложнений при бурении сложных соленосных пластов

Анализ показывает, что осложнения, приводящие к прихвату бурильных труб на забое скважины, а также к возникновению открытых фонтанов при бурении сложных пластов, распределяются по следующим трём основным факторам:

Осложнения, связанные с буровыми растворами – 63 случая (55,3 %).

Несвоевременное заполнение скважины буровым раствором в процессе подъёма бурильных труб. Данное обстоятельство приводит к снижению давления в скважине, в результате чего возрастает риск смещения или прихвата бурильных труб.

Основная часть. При креплении нефтяных и газовых скважин применяются обычный портландцемент, специальные тампонажные материалы для утяжеления, облегчённые растворы, а также тампонажные смеси, используемые в условиях высоких температур.

В настоящее время специальные тампонажные материалы для сложных пластов выпускаются в ограниченном количестве и имеют высокую стоимость. Поэтому потребность буровых предприятий в портландцементе с различными добавками остаётся очень высокой. Для научного решения данной проблемы исследователями Каршинского государственного технического университета совместно с буровыми организациями были проведены научно-практические работы по качественному бурению и надёжному креплению сложных пластов.

С целью обеспечения качественного цементирования сложных пластов, а также предотвращения возможных осложнений, в лаборатории АО «Koson neftgaz quduqlarini sinash» были проведены научно-исследовательские работы по созданию модифицированного оптимального варианта тампонажного раствора.

«Тампонажный раствор (в нефтегазовой промышленности) — это специальная твердеющая жидкость, применяемая при бурении и освоении скважин для укрепления стенок скважины, изоляции пластов и герметизации затрубного пространства».

При создании тампонажного раствора на основе местного сырья, а также путём вторичной переработки промышленных отходов, был разработан состав модифицированной модели тампонажного раствора «Zola-M1» (рис. 2).



Рис. 2. Модифицированный тампонажный раствор «Zola-M1»

При создании модифицированного тампонажного раствора «Zola-M1» первоначально были изучены потребности рынка. По раствору Zola-M1 были проведены лабораторные исследования, в ходе которых в лабораторных условиях изучались основные свойства тампонажного раствора: плотность, вязкость, прочность, твёрдость, растекаемость и консистенция.

При разработке тампонажного раствора Zola-M1 были тщательно исследованы интервалы пластов, требующих крепления скважины. Были определены интервалы применения в зависимости от глубины скважины, а также устойчивости к температуре и давлению. После этого было изучено влияние раствора на существующие горные породы, температуру, давление, влажность и коэффициенты сжимаемости пластов.

Тампонажный раствор «Zola-M1» при креплении скважин обеспечивает следующие решения:

- обеспечивается длительная и безаварийная эксплуатация нефтяных и газовых скважин за счёт надёжного цементирования скважины;
- при цементировании скважин на последующих этапах ограничивается поступление воды из пласта на забой скважины;
- предотвращается негативное воздействие горных пород пласта на тампонажные растворы;
- обеспечивается долговременная защита обсадных труб от коррозии;
- эффективность цементирования определяет экономическое и технологическое превосходство данного раствора по сравнению с существующими тампонажными смесями.

При разработке модифицированного тампонажного раствора «Zola-M1» была установлена экономическая эффективность предварительной переработки местных промышленных отходов. Добавки такого типа промышленных отходов являются технологичными, недорогими и практически бездефектными — это шламы, различные виды топливной золы, особенно золы-уноса ГРЭС,

обладающие высокой дисперсностью и не требующие сушки, обжига и измельчения.

Преимуществами золошлаковых отходов являются химический и минералогический состав, близкий к составу цемента, а также большая удельная поверхность сферических частиц, что позволяет вводить добавки в значительном количестве при низком водосмесительном отношении.

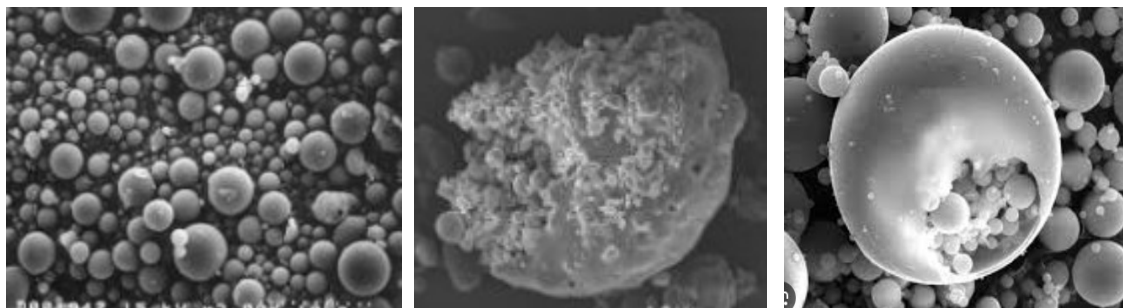


Рис.
3.

Состав модифицированного тампонажного раствора «Zola-M1».

Зола ГРЭС (государственной районной электростанции) — золошлаковые отходы, образующиеся при сжигании угля, являются одним из основных видов промышленных отходов.

Сферические частицы (Cenospheres / Plerospheres) в тампонажном растворе действуют подобно «шариковым подшипникам», значительно повышая текучесть (подвижность) раствора.

Пористые и неровные частицы представляют собой остатки не полностью сгоревшего угля (углерода), которые обладают высокой водопоглощающей способностью.

В основном они подразделяются на две группы: мелкая летучая зола, поднимающаяся в воздух, и крупный шлак, оседающий на дне котла.

Состав золошлаковых отходов. Предлагаемая к использованию зола ГРЭС (коллоидный раствор) обладает высокой удельной поверхностью — 2570 см²/г, плотностью 2,4 г/см³ и содержит (%): SiO₂ — 53,12; Al₂O₃ — 16,96; Fe₂O₃ — 10,89; CaO — 2,69; MgO — 0,98; SO₃ — 0,14; TiO₂ — 0,61; K₂O + Na₂O — 2,97.

При низком содержании CaO зола обладает низкой активностью и при очень низких температурах (до 50 °С) служит наполнителем цементной смеси.

Воздействие на окружающую среду (проблемы): для хранения отходов требуются очень большие территории (золоотвалы). Загрязнение воздуха и воды: при сильном ветре мелкодисперсные частицы поднимаются в воздух, образуя пыль. Дождевые воды могут способствовать проникновению тяжёлых металлов, содержащихся в золе, в грунтовые воды.

Данные отходы могут наносить вред экологии, однако в строительстве и других отраслях они рассматриваются как весьма ценное вторичное сырьё

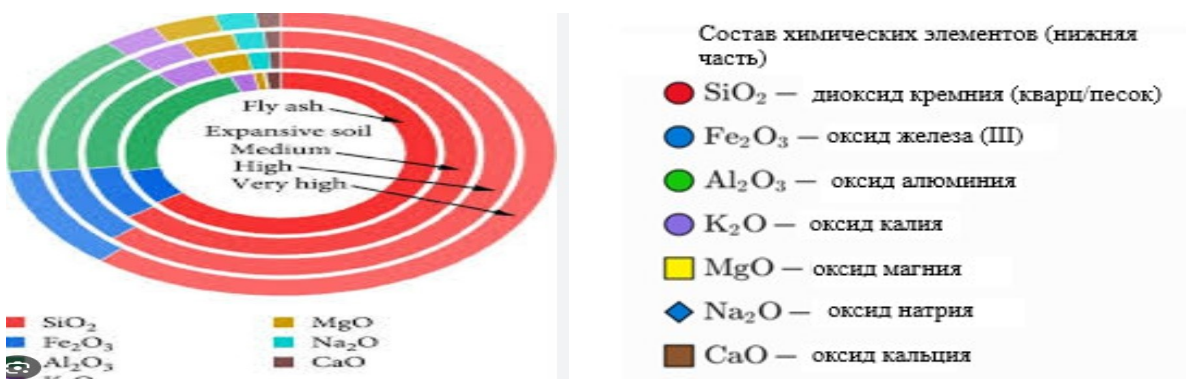


Рис. 4. Химическое обоснование модификации «Zola-M1»..

Лабораторные исследования и переработка (использование)

Зола ГРЭС была испытана в лабораторных условиях и активно использовалась в следующих направлениях: мелкодисперсная зола добавлялась в цемент в качестве гидравлической добавки. Это позволило повысить прочность бетона и снизить его себестоимость. Также было установлено, что добавление золы в буровой раствор при укреплении стенок скважины даёт положительный эффект.

В лабораторных условиях были изучены возможности применения модифицированного тампонажного раствора «Zola-M1» в качестве наполнителя для растворов, текучесть которых определяется с помощью конуса АзНИИ.

5



- Стекло́нная поверхность и внутренняя часть конуса были протёрты влажной тканью. Стекло́нное основание было установлено строго в горизонтальном положении. Конус размещался в центре стекло́нной поверхности. Подготовленный цементный раствор заливался в конус до его верхнего края..

Рис. АзНИИ Конус.

Конус плавным и быстрым движением поднимался вертикально вверх. В результате раствор растекался по стекло́нной поверхности в форме круга. После прекращения растекания с помощью линейки измерялись наибольший и наименьший диаметры полученного круга в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Затем вычислялся средний диаметр.

Полученный результат — средний диаметр — принимался за показатель текучести цементного раствора (в см или мм). Показатель текучести составил 180–220 мм.

Консистенция — это процесс загустевания тампонажного раствора с течением времени. Увеличение густоты цементной смеси в состоянии покоя и её переход в полутвёрдое состояние считается начальной и конечной стадией схватывания. Время схватывания цементной смеси (раствора) измерялось с помощью «иглы Вика».

Стабильность — это свойство цементного раствора, при котором после его приготовления в течение 2 часов выделяется не более 2,5 % воды. Данный показатель измерялся с использованием мерного цилиндра.

Прочность цементного камня — это его способность сопротивляться изгибу, которая принимается за показатель прочности цементного камня. Для определения прочности цементного камня были изготовлены призмы размером 40×40×160 мм и 100×100×400 мм.

В течение первых 24 часов образцы выдерживались в водяной ванне. После этого их извлекали из форм и укладывали в один ряд на высоте 2 см над уровнем воды. Вода регулярно заменялась.

Водоотдача (водоотделение) — это выделение воды цементной смесью под высоким давлением. Смесь при давлении 7 МПа в течение 30 минут выделила 200 см³ воды.

Тампонажный цемент — плотность раствора «Zol-M1» в состоянии смешивания и растворения с портландцементом рассчитывается по следующей формуле:

$$\rho_{\text{там.арал}} = (1 + B)[(1 - A - C)\rho_s + B / \rho_{\text{жидкая}} + A / \rho_{\text{аскин}} + C / \rho_{\text{zol}}]$$

где: В — водосмесительное отношение; А, С — массовые доли Zol-M1 и цемента в растворе соответственно; ρ_c , $\rho_{\text{ж}}$, $\rho_{\text{Zol-M1}}$ — соответственно плотности цемента, жидкой смеси и Zol-M1.

Для увеличения времени твердения тампонажных растворов был добавлен реагент НТФ (нитрил-триметилфосфоновая кислота). Расход реагента составил 0,05–0,1 % относительно массы цемента, при этом даже при температуре среды 250 °С он не терял своих свойств.

В таблице 1 приведены свойства тампонажных растворов, приготовленных с добавлением НТФ.

Как показывают результаты лабораторных исследований модифицированного тампонажного раствора Zola-M1 при различных процентных соотношениях, Zol-M1 является высокоэффективной облегчённой

добавкой, которая не оказывает существенного влияния на время твердения и не требует значительного увеличения водосмесительного отношения.

Таблица 1

Параметры раствора Zol-M1

Содержание Zola-M1, %	S:A	Плотность, г/см ³	Текущность, см	Время схватывания, ч-мин		Прочность на изгиб, МПа МПа
				Начало	Конец	
		T =	22 ⁰ C	va	p =	0,1 МПа
0	0,5	1,85	21	7-20	9-50	2,9
5	0,5	1,7	20,5	7-20	9-55	
9	0,5	1,6	19,5	7-30	10-00	1,8
13,5	0,5	1,5	18,5	8-00	10-20	1,7
19	0,5	1,4	17	7-50	9-40	1,4
35	0,5	1,16	11	8-10	10-20	0,6
0	0,5	1,85	22,5	2-55	3-30	6,2
13,5	0,5	1,5	19	3-00	4-00	4,2
19	0,5	1,4	17	3-05	3-55	3,8
31,5	0,55	1,22	15,5	3-10	4-15	3,5
50	0,65	1,04	17,5	2-50	3-50	1,57
60	0,85	0,96	17	3-00	4-00	0,6

* Через 2 суток, ** через 1 сутки.

Диаграмма изменения степени затвердевания тампонажных растворов Zola-M1 во времени

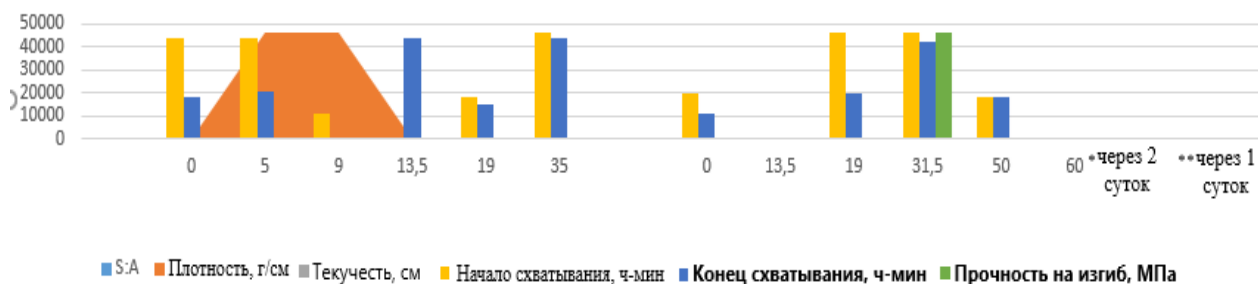


Рис. 6. Показатели затвердевания модифицированного тампонажного раствора Zola-M1 на глубине

При содержании Zol-M1 в количестве 35 % плотность смеси составляет 1,16 г/см³, а прочность цементного камня через 2 суток достигает 0,6 МПа.

Добавка Zol-M1 в количестве 50 % позволяет получать смесь с плотностью до 1,04 г/см³, что соответствует результатам, рассчитанным по формуле

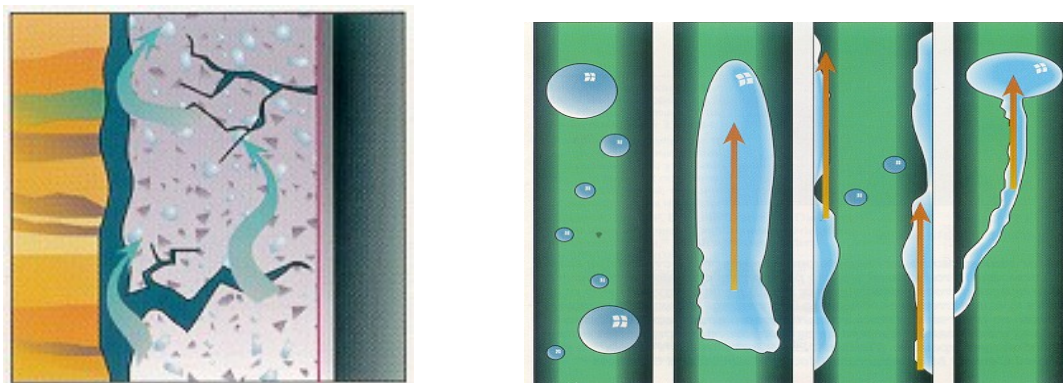


Рис. 8. Влияние цементного камня Zola-M1 на пласт

Химические реагенты могут одновременно изменять вязкость и реологические свойства тампонажных растворов.

Результат. Проведённые исследования позволили решить следующие задачи:

- на основе анализа ранее выполненных научно-исследовательских работ был оптимизирован процесс цементирования скважин;
- для цементирования скважин в сложных геологических условиях был научно обоснован и разработан точный состав тампонажного раствора Zola-M1;
- была модифицирована тампонажная смесь, применяемая для крепления нефтегазовых скважин Бухаро-Хивинского региона;
- были выбраны новые методы цементирования скважин и проведена оценка их технологических показателей.

Заключение: Использование модифицированного тампонажного раствора Zola-M1 позволяет не только экономить дорогостоящий цемент, но и снижать плотность раствора, уменьшать содержание свободной воды, повышать текучесть, снижать время загустевания и проницаемость сформированного цементного камня, а также повышать его коррозионную стойкость и адгезию к металлу.

При высоких температурах Zola-M1 сохраняет свою активность; содержащийся в его составе большой объём кремнезёма взаимодействует с гидроксидом кальция, гидросиликатами и гидроалюминатами, образуя

гидрогранаты. В результате в основном снижается вязкость, повышаются термостойкость и прочность формирующегося цементного камня.

Список литературы

1 Справочник инженера — нефтяника Инжиниринг резервуаров. Газпром. Москва. 2018.

2. Pearson Longman ed. English for the Oil Industry Level. 2016.

3. Oxford English for Careers: Oil and Gas 2 Student's Book. 2011.

4. Романов В.Г. Исследование и разработка модифицированных тампонажных композиций для изоляции водопроницаемых пластов с низким градиентом давления в нефтяных и газовых скважинах: диссертация кандидата технических наук. – Краснодар, 2002. – 125 с.

5. Сторчак А.В. Обоснование и разработка тампонажных составов пониженной плотности для цементирования скважин в условиях аномально низких пластовых давлений: диссертация кандидата технических наук. – С. - Петерб, 2011. – 120 с.

6. Детков В.П. Аэрированные суспензии для цементирования скважины. – М.: Недра, 1991. – 175 с.

7. Детков В.П. Физико-химическая механика – основа для разработки технологии цементирования в условиях Крайнего Севера / В.П. Детков, А.Р. Хисматулин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2003. – № 7. – С. 31 – 37.

8. Григулецкий В.Г. Опытные-промышленные работы при цементировании обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения // Нефтегазовые технологии. – 2007. – № 11. – С. 2 – 14.