

Введение Одним из наиболее эффективных и широко используемых способов обработки скважин на нефтепромыслах Татарстана является термоимплозионная технология [1-7]. Этот метод обеспечивает совмещение в одной технологии и едином устройстве термогазобарического и имплозионного воздействий. Успешность этого метода во многом связано с тем, что для термогазобарического воздействия используется термоисточник из высокобезопасной, недетонационноспособной газогенерирующей композиции на основе аммиачной селитры и эпоксидного компаунда, обладающей сравнительно малой скоростью горения и зависимостью ее от давления в скважинных условиях. Состав композиционного материала штатного ТИМ, широко применяемого в настоящее время, имеет следующее соотношение компонентов: аммиачная селитра - 72%, бихромат калия - 3%, эпоксидный компаунд - 25% в т.ч. эпоксидная смола ЭД-20 - 19%, отвердитель АФ-2 - 4%, пластификатор ЭДОС - 2%. В связи с высокой увлажняемостью состав термоисточника выполнен в герметичном исполнении, однако поведение состава в процессе хранения и длительность сохранения эксплуатационных характеристик термоисточника, прежде всего характеристик горения и физико-механических характеристик состава термоисточника, в литературе практически не изучен. В связи с этим работа посвящена изучению физической стабильности образцов термоисточника в герметичном исполнении в зависимости от времени хранения от 1 до 18 месяцев, в частности, микроструктура срезов и прочность на сжатие образцов состава, а также характеристики горения через каждые 3 месяца за указанный период. Экспериментальная часть Для определения микроструктуры из предварительно подготовленного состава формируется в ПВХ корпусе цилиндрический образец. С торцов образец герметизируется. С течением определенного времени (от 1 до 18 месяцев) из этого образца вырезается слой толщиной 15 мм. Поверхность испытуемого образца шлифуется шкуркой и обрабатывается ацетоном. Далее микроструктура опытных образцов изучается под микроскопом. Срезанный торец цилиндрического образца вновь герметизируется. Для определения прочности на сжатие из предварительно подготовленного состава формируется в ПВХ корпусе цилиндрический образец. С торцов образец герметизируется. С течением определенного времени (от 1 до 18 месяцев) из этого образца вырезается слой толщиной 20 мм, ПВХ корпус снимается. Далее опытные образцы испытываются на прессе 2ПГ-10. Срезанный торец цилиндрического образца вновь герметизируется. Для определения характеристики горения из предварительно подготовленного состава формируется в ПВХ корпусе цилиндрический образец, устанавливается узел воспламенения, затем торцы герметизируются. Далее опытные образцы испытываются на стендовой установке, имитирующей скважинные условия. Микроструктура срезов образцов состава ТИМ изучалась в зависимости от времени хранения от 1 до 18 месяцев в продольном и поперечном направлениях,

а также в центре и на периферии. В ходе изучения микроструктуры наблюдались ярко выраженные границы раздела между компонентами состава ТИМ. Четко видны компоненты состава - аммиачная селитра в виде белых включений, бихромат калия в виде оранжевых включений, а также связующее - эпоксидный компаунд. Также наблюдалась равномерность распределения их по рассматриваемой площади среза образца. Микроструктура в поперечном и продольном направлениях отличается незначительно. В течение времени от 1 до 9 месяцев в значительной мере структура и границы раздела между компонентами сохраняются, и образец в целом представляется достаточно физически стабильным. Некоторая физическая нестабильность структуры образца начинается в период от 9 до 18 месяцев за счет старения и дробления наполнителя внутри прочного скелета эпоксидного компаунда. Физическая стабильность наполнителя зависит от прочной оболочки эпоксидного компаунда, в связи с этим изучено изменение прочности скелета эпоксидного компаунда от времени. Затем была изучена прочность самого состава ТИМ в зависимости от времени хранения от 1 до 18 месяцев. Эти данные приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Изменение прочности эпоксидного компаунда от времени хранения

Время хранения, мес.	1	3	6	Плотность, г/см ³	1,27	1,35	1,30	Прочность, МПа	114	127	139
----------------------	---	---	---	------------------------------	------	------	------	----------------	-----	-----	-----

Таблица 2 - Изменение прочности образца ТИМ от времени хранения

Время хранения, мес.	1	3	6	9	12	15	18	Плотность, г/см ³	1,48	1,48	1,47	1,46	1,47	1,47	1,47	Прочность, МПа	41,1	46,6	48,7	50,2	53,9	55,2	57,5
----------------------	---	---	---	---	----	----	----	------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	----------------	------	------	------	------	------	------	------

Сравнивая данные таблиц 1 и 2 можно сказать, что прочность эпоксидного компаунда примерно в 2 раза выше, чем прочность состава. Как и у эпоксидного компаунда, так и у состава ТИМ наблюдается повышение прочности за изученный период времени. При этом у эпоксидного компаунда прочность повышается от 114 до 139 МПа, т.е. на 20%, то в этих же пределах хранения прочность образца повышается от 41,1 до 48,7 МПа, т.е. на 19%. Таким образом, изменение прочностных характеристик образца связано в основном с характером изменения самого скелета эпоксидного компаунда. Если прочность эпоксидного компаунда в первые три месяца имеет тенденцию к более ускоренному росту, а затем через 3 месяца к более равномерному (т.е. рост несколько замедляется), то приблизительно такой же характер изменения прочности на сжатие имеет и образцы состава ТИМ. Важной эксплуатационной характеристикой заряда термоисточника является скорость горения. На рисунке 1 представлены зависимости изменения скорости горения от времени хранения при давлениях 100, 150 и 200 атмосфер. Как видно из рисунка 1, в интервале от 1 до 3-х месяцев скорость горения возрастает, затем в течение от 3-х до 9 месяцев скорость горения увеличивается незначительно, имеет монотонный характер. И только через 9 месяцев хранения наблюдается достаточно быстрое увеличение скорости горения, при всех изученных давлениях. При давлениях 150, 200 атм. максимальная скорость

горения составляет 5-7 мм/сек, учитывая, что высота термоисточника, сгораемого послойно, составляет 1400 мм, за это время сгорание в этих условиях будет составлять около 4 минут. Этого вполне достаточно для прогрева и расплавления АСПО в перфорационных каналах пласта. С этой точки зрения можно допустить к эксплуатации термоисточника и со сроком хранения до 18 месяцев, хотя штатный срок эксплуатации составляет 1 год. Тем более это допустимо в связи с тем, что прочностные характеристики термоисточника не только сохраняются, но и повышаются, что является положительным фактором.

Рис. 1 - Зависимость изменения скорости горения ТИМ от времени хранения при давлении 100, 150 и 200 атм. Таким образом, результаты исследования физической стабильности состава штатного термоисточника по данным изменения микроструктуры и прочностных характеристик и скорости горения в течение 18 месяцев, показывает, что принятый гарантийный срок хранения равный 12 месяцам для штатного термоисточника является обоснованным. Рекомендована возможность эксплуатации штатного ТИМ при сроке хранения до 18 месяцев.

Выводы 1. Изучение микроструктуры состава термоисточника показывает, что его физическая стабильность в наибольшей мере сохраняется в течение от 1 до 9 месяцев. В течение от 9 до 18 месяцев физическая стабильность сохраняется, но проявляется некоторое дробление наполнителя внутри скелета эпоксидного компаунда. 2. Установлено, что также как и микроструктура, изменение прочностных характеристик образца связано в основном с характером изменения прочности самого скелета эпоксидного компаунда. В изученный период времени прочность образцов состава повышается, что является положительным фактором, т.е. позволяет производить с использованием состава термоисточника обработку скважин с более высокими забойными давлениями с сохранением целостности термоисточника. 3. Скорость горения состава термоисточника в течение изученного времени хранения возрастает, при этом при давлениях 150, 200 атм. максимальная скорость горения составляет 5-7 мм/сек. Показано, что время горения состава термоисточника при этих скоростях вполне достаточно для прогрева и расплавления АСПО в перфорационных каналах пласта. 4. Подтверждено, что гарантийный срок эксплуатации термоисточника, составляющий 12 месяцев. При необходимости по согласованию с разработчиком и заказчиком можно рекомендовать продление гарантийного срока хранения и эксплуатации сроком до 18 месяцев.