ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/187

ПРОЧНЫЕ ГЕТЕРОФАЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КРИОГЕЛЕЙ ДЛЯ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

¹Алтунина Л.К., ¹Манжай В.Н., ¹Фуфаева М.С., ²Буяков А.С.

¹ФГБУН Институт химии нефти СО РАН, Томск, Россия

²НИИ Томский политехнический университет, Томск, Россия

Арктическая зона России — это огромный регион, составляющий более чем 20% территории нашего государства и имеющий большое значение в экономике страны. Разработка и эксплуатация нефтегазовых объектов на нестабильно мерзлых основаниях приводит к нарушению их устойчивости вследствие периодического оттаивания и обводнения грунтов.

В Институте химии нефти СО РАН разработаны составы гетерофазных материалов на основе криогелей, получаемых из водного раствора поливинилового спирта (ПВС). Криогель формируется из раствора после цикла замораживания – оттаивания при температурах ниже 0°C, результатом которого является фазовый переход системы из вязкотекучего состояния в упругое полимерное тело (криогель). С каждым последующим циклом криообработки прочность упругого тела увеличивается. Криогели нетоксичны и экологически безопасны для окружающей среды.

Введение дисперсных наполнителей в виде песка, супеси, суглинка и глины в исходный раствор ПВС и последующее проведение цикла замораживания – оттаивания приводит к формированию гетерогенных криогелей, которые могут применяться для укрепления различных земляных оснований в условиях сезоннопромерзающих грунтов в арктической зоне. Известно, что физико-механические свойства гетерофазных криогелей зависят от характеристик дисперсной фазы наполнителя, его массового содержания, размера частиц и их жесткости. В таблице 1 приведен гранулометрический состав наполнителей.

Таблица 1.

Гранулометрический состав грунта.

Грунт	Масса фракции (мм), %				
	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.01	0.01-0.002	< 0.002
Песок	71.70	28.30	-	-	-
Супесь	15.44	41.29	30.71	10.82	1.74
Суглинок	2.97	17.33	41.38	21.20	17.12
Глина	0.25	4.45	31.91	34.29	29.10

Для формирования криогелей высушенный грунт, взятый с разной глубины нефтеносной провинции Ямало-Ненецкого автономного округа, методом капиллярной пропитки (снизу вверх) насыщали полимерным раствором, концентрация которого 5 % мас. Проводили цикл замораживания – оттаивания, получали упругие криогели и исследовали их физико-химические свойства. На рисунке 1 представлены результаты измерения модуля упругости в зависимости от числа циклов криогенного воздействия. Результаты исследования теплофизических свойств гетерофазных криогелей, представлены в таблице 2.

Из рисунка 1 видно, что увеличение числа циклов криообработки и наличие дисперсных частиц в матрице криогеля способствуют значительному увеличению упругих свойств криогеля по сравнению с двухкомпонентным криогелем (вода – ПВС).

Из таблицы 2 следует, что теплопроводности криогелей, наполненных песком и глиной, ниже теплопроводностей этих влажных типов грунтов, но в отсутствии матрицы криогеля.

Наполненные криогели после их сушки могут использоваться в качестве строительных конструкционных материалов. Исследования механических свойств гетерофазных криогелей показали, что максимальным пределом прочности при сжатии обладают образцы криогелей, наполненных песком $\sigma = 4.5$ МПа и глиной $\sigma = 3.9$ МПа. Образцы криогелей, наполненных супесью и суглинком, обладают практически одинаковым пределом прочности, равным $\sigma_{\text{ма}} = 3.50$ МПа. Следует отметить, что все перечисленные наполнители полимерной матрицы

Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

криогелей имеют гидрофильную природу, поэтому вследствие хорошей адгезии полимера к наполнителям неорганической природы формировались прочные образцы.

Рис. 1. Зависимость модуля упругости (G , кПа) криогелей разного состава от числа циклов замораживания – оттаивания: 1 – криогель, наполненный песком; 2 – криогель, наполненный супесью; 3 – криогель, наполненный суглинком; 4 – криогель, наполненный глиной; 5 – двухкомпонентный криогель (вода – ПВС).

Таблица 2.

Составы и свойства гетерофазных криогелей

№	Состав	Модуль упругости, кПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(К·м)	Температура плавления, °С
1	Вода	-	0.62	0
2	Криогель (5 % мас. ПВС)	17	0.34	70
3	Сухой песок	-	1.20	-
4	Влажный песок (20 % мас. H_2O)	-	2.50	-
5	Криогель, наполненный песком	270	1.80	70
6	Криогель, наполненный супесью	215	1.70	70
7	Криогель, наполненный суглинком	190	1.10	70
8	Влажная глина, (25 % мас. H_2O)	-	1.50	-
9	Криогель, наполненный глиной	170	1.10	70

Исследовали морфологию внутриспоровой поверхности наполненных криогелей с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) Tescan Vega 3 высокого разрешения.

Установили, что поверхностная структура криогелей, наполненных песком и супесью очень похожа между собой, так же, как и поверхностная структура криогелей, наполненных глиной и суглинком. Внутренняя структура исследуемых материалов представлена двумя видами пор: микропорами, со средним размером порядка 10 мкм, обусловленными неплотной упаковкой исходных частиц породы, и макропоровыми каналами, со средним диаметром порядка 75 мкм, которые образовались при кристаллизации воды, сопровождающейся вытеснением из раствора макромолекул ПВС и их адсорбцией на поверхности гидрофильных частиц грунта.

Таким образом, показано, что все дисперсные наполнители способствуют значительному улучшению механических и теплоизоляционных свойств гетерофазных криогелей и делает целесообразным их применение при обустройстве нефтегазовых объектов в Арктическом регионе.

Работа выполнена в рамках проекта V.46.2.3. Физическая химия и реология нефти и полидисперсных нефтесодержащих систем в процессах увеличения нефтеотдачи пластов и транспорта нефти (№ 0370-2018-0007).