



## ТЕРМООБРАТИМЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ГЕЛИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НЕОДНОРОДНЫХ ПЛАСТОВ.

**Салихова Озода Абдуллаевна**

*Кандидат технических наук, доцент*

*Ташкентского химико-технологического института*

*ozodaxon.salihova@gmail.com*

**Халматова Наргиза Гиясовна**

*доцент Ташкентского Государственного*

*техническоко университета имени Ислама Каримова*

*nargizaholmatova07@gmail.com*

**Аннотация:** *Исследован метод увеличения нефтеотдачи высоко неоднородных пластов путём регулирования фильтрационных потоков, увеличения охвата пласта заводнением термообратимыми полимерными гелями. Они образуются из растворов полимеров с нижней критической температурой растворения (НКТР). Фактором, вызывающим гелеобразование, является тепловая энергия пласта или закачиваемого теплоносителя. Гели могут использоваться как эффективное средство ограничения водопритока, предотвращения прорыва газа, ликвидации газовых конусов.*

**Ключевые слова:** *нефтеотдача, гели, растворы, полимеры, нижней критической температурой растворения, эфиры целлюлозы, метилцеллюлоза, термообратимый полимерный гель.*

**Введение:** Растворы полимеров с НКТР способны образовывать гели непосредственно в пласте: при низких температурах растворы маловязкие, при высоких превращаются в гели. Процесс обратим при охлаждении гель разжижается, становится снова маловязким раствором, при повторном нагревании опять застывает, и так многократно. Температуру и время гелеобразования в интервале от 30 до 120 °С можно регулировать неорганическими и органическими добавками, подстраивая под конкретные пластовые условия температуру и минерализацию воды. [1].

Гели образуются из растворов полимеров, для которых кривая фазовых равновесия жидкость-жидкость в системе полимер-вода характеризуется нижней критической температурой растворения. При температурах ниже НКТР система гомогенна, выше распадается на две фазы. Первая фаза очень разбавленный раствор полимера, вторая концентрированный. [2]. В силу высокой вязкости второй фазы распад заторможен, протекает неравновесно.

Возникает микрогетерогенная кинетически устойчивая структура термообратимый полимерный гель, в котором концентрированная фаза образует трёхмерный каркас геля, в ячейках которого располагается раз-



бавленная по полимеру фаза. [2]. Способность систем полимер с НКТР вода образовать гели при увеличении температуры позволяет использовать их в технологиях повышения нефтеотдачи, ориентированных на увеличение охвата пласта заводнением путём селективной изоляции промытых высоко проницаемых зон пласта. Наиболее перспективными полимерами с НКТР являются простые эфиры целлюлозы (ЭЦ) [1.3].

Методы: Для установления возможности применения гелей эфиры целлюлозы в различных геолого-физических условиях месторождений исследованы кинетика гелеобразования и реологические характеристики в системе эфиры целлюлозы водная фаза. Типичным представителем эфиры целлюлозы с НКТР является метилцеллюлоза.

Зависимость вязкости раствора метилцеллюлоза от температуры имеет экстремальный характер при нагревании происходит сначала постепенное снижение вязкости от 40-70 до 5-20 мПа·с, т. е. в 2-10 раз, а затем при достижении температуры гелеобразования (фазового перехода) — резкое увеличение вязкости до 100-2000 мПа·с (в 5-100 раз), связанное с гелеобразованием (рис.1). Процесс обратим, при охлаждении гель снова превращается в жидкость. Температура, при которой вязкость принимает минимальное значение, соответствует НКТР. Циклическое реверсирование температурного режима чередование процессов нагревания и охлаждения показали воспроизводимость реологических параметров гелей.

Экспериментально изучено влияние электролитов и неэлектролитов, изменяющих гидрофобные взаимодействия в системе, на фазовые равновесия и кинетику гелеобразования в растворах метилцеллюлоза (рис.2). Наибольшее влияние на изменение температуры гелеобразования растворов метилцеллюлоза оказывают анионы, их влияние коррелирует с положением в лиотропном ряду [2]. Наибольшее снижение НКТР вызывают соли, содержащие анион  $Cl^-$ , противоположное действие — увеличение НКТР — оказывают соли с анионом  $CNS^-$ , влияние солей, содержащих ион  $NO_3^-$ , промежуточное — небольшое увеличение или уменьшение температуры гелеобразования в зависимости от характера катиона.

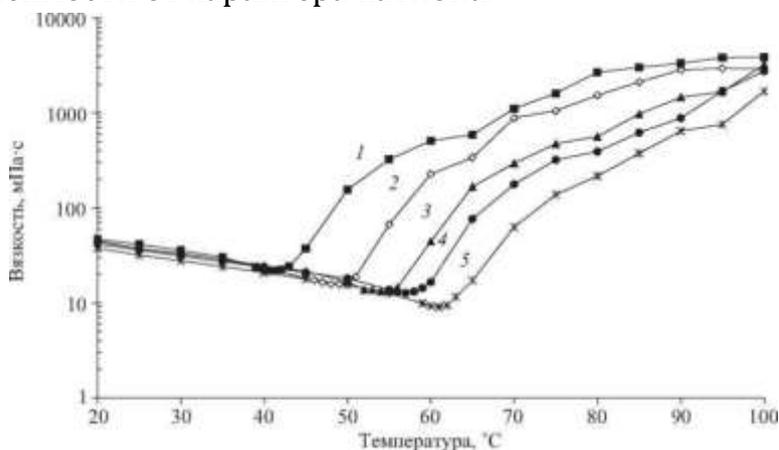




Рис.1. Зависимость вязкости растворов метилцеллюлозы с концентрацией 1 мас. % от температуры при различной минерализации пластовых вод, г/л: 1 — 60; 2 — 30; 3 — 15; 4 — 7,5;

Влияние катионов существенно меньше. Для солей, содержащих анионы  $\text{Cl}^-$  или  $\text{CNS}^-$ , действие катионов заметно, но не способно изменить характер влияния анионов. Наибольшее снижение температуры гелеобразования наблюдается при действии 1 : 1 электролитов, влияние 2:1 и 3:1 электролитов слабее и практически одинаково. Исключение составляют  $\text{ZnCl}_2$ , который при концентрациях больше 5 мас. % меняет характер воздействия на температуру гелеобразования, увеличивая её (рис. 2.), и хлорид алюминия при концентрации больше 10 мас. %.

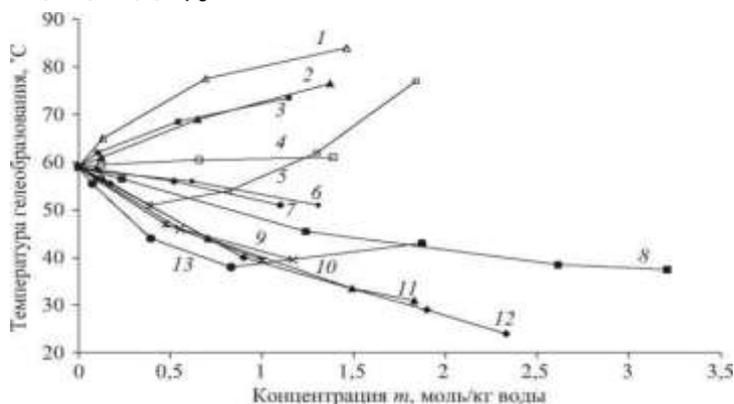


Рис. 2. Влияние электролитов на температуру гелеобразования растворов метилцеллюлозы с концентрацией

1 мас. %: 1 —  $\text{NH}_4\text{CNS}$ ; 2 —  $\text{NaCNS}$ ; 3 —  $\text{KCNS}$ ; 4 —  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 5 —  $\text{ZnCl}_2$ ; 6 —  $\text{NaNO}_3$ ; 7 —  $\text{KNO}_3$ ; 8 —  $\text{LiCl}$ ; 9 —  $\text{MgCl}_2$ ; 10 —  $\text{CaCl}_2$ ; 11 —  $\text{KCl}$ ; 12 —  $\text{NaCl}$ ; 13 —  $\text{AlCl}_3$

При этих концентрациях растворы хлоридов цинка и алюминия являются координирующими растворителями.

Результаты: Установлено, что действие добавок электролитов и неэлектролитов аддитивно. Учитывая геолого-физические условия нефтяных месторождений, в частности, пластовую температуру, минерализацию пластовых и закачиваемых вод, можно подбирать гелеобразующие композиции для регулирования фильтрационных потоков, увеличения охвата пласта заводнением, оптимальные для конкретных условий.

Реологические исследования, проведённые с помощью ротационного вискозиметра Haake RheoStress 600 при температурах от 20 до 150 °C и давлениях до 50 атм, показали, что при совместном введении в раствор МЦ карбамида и роданида аммония можно получить растворы с температурой гелеобразования выше 100 °C. Гели сохраняют свои реологические характеристики при высоких температурах — вплоть до 150-220 °C. В области скоростей сдвига 0,5-5 с<sup>-1</sup> гель является твёрдообразным телом, вид реологических зависимостей указывает на его вязкоупругие свойства. Поэтому



гелеобразующие композиции могут использоваться для регулирования профиля нагнетания пара в пароциклических скважинах.

Характерной особенностью систем полимер с НКТП вода является температурный гистерезис фазового перехода раствор гелеобразующий. Явление гистерезиса в системе метилцеллюлоза водная фаза исследовали путём определения температуры гелеобразования при нагревании и температуры разжижения геля при охлаждении [4].

Заключение: Изучено влияние добавок, повышающих температуру гелеобразования: этилового спирта, роданистого аммония, тиомочевины и карбамида, на гистерезис. Установлено, что в этих системах температуры гелеобразования практически совпадают с НКТП полимеров, которые были получены методом вибрационной вискозиметрии. Температуры гелеобразования и разжижения практически линейно возрастают с увеличением концентрации реагентов, при этом для всех исследованных реагентов, кроме карбамида, эти зависимости симбатны.

Обратимость фазового перехода раствор—гель экспериментально установлена при исследовании фильтрации воды через неоднородную модель пласта в условиях, имитирующих пластовые. Исследования проводили на установке для изучения фильтрации при постоянном расходе через модель пласта, состоящую из двух параллельных колонок разной проницаемости, моделирующих неоднородный коллектор. В опытах использовали керны пород коллекторов нефтяных месторождений, нефти и пластовые воды. После закачки гелеобразующего раствора в модель пласта и нагревания до 60 °С происходит перераспределение фильтрационных потоков, которое сохраняется при повышении температуры до 220 °С. При понижении температуры от 220 до 20 °С и последующей фильтрации воды первоначальное распределение потоков восстанавливается.

Образование геля в породе пласта приводит к селективному снижению фазовой проницаемости породы по воде градиент давления при фильтрации воды через гель в 2-3 раза выше, чем при фильтрации нефти.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Кувшинов В. А., Стасьева Л. А. Термообратимые полимерные гели для увеличения нефтеотдачи // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. № 19. С. 127-136.
2. Горловский Д. М., Альтшулер Л. Н., Кучерявый В. И. Технология карбамида. Л.: Химия, 1981. 320 с.
3. Петропавловский Г. А. Гидрофильные частично замещённые эфиры целлюлозы и их модификация путём химического сшивания. Л.: Наука, 1988. 298 с.



4. Salikhova O.A. International conference on developments in education, sciences and Humanities. May 4th -5th -2022. Page No 351-354 <https://econferencezone.org>. Hamburg, Germany. //Promising catalytic systems for the synthesis of cyclic ketones.

5. O.A.Салихова. Исследование технологических приёмов регулирования свойств буровых растворов.// Eurasian journal of academic research. Volume 2, Issue 4. April 2022. Page No-519-525.ISSN: 2181-2020. DOI: [https://doi.org/10.5281.zenodo.6528344](https://doi.org/10.5281/zenodo.6528344). Impact faktor=8.1.

6. Salixova O.A., Ergasheva D.A. Study of the rate of moisturization of clay rocks. //In Volume 4. Issue 4 of Web of Scientist: International Scientific Research Journal (WoS) April 2023.

7. Salixova O.A., Xalmatova N.G. Determination of parameters by samples core from the occurrence of productive layers. In Volume 4, Issue 2 of Innovative Tcchnologica: Methodical Research Journal (ITMRJ) Feb., 2023.