

Российский Государственный Университет (НИУ) нефти и газа

им. И. М. Губкина

Кафедра технологий химических веществ для нефтяной и газовой промышленности



**«Исследование реологических характеристик радиационно-сшитых водорастворимых полимеров (гуар, гидроксипропилгуар, ксантан) с целью разработки новых составов для ГРП, бурения и глушения скважин»**

Прохорова Е. В. ХТМ-15-04

Научный руководитель:  
профессор, д.т.н., Магадова Л.А.

Научный консультант: Малкин Д.Н.

Москва 2017



## Цель и задачи исследования

### Цель работы:

- Исследование реологических свойств радиационно-сшитых полимеров, с последующим их использованием в рецептурах для строительства и глушения скважин.

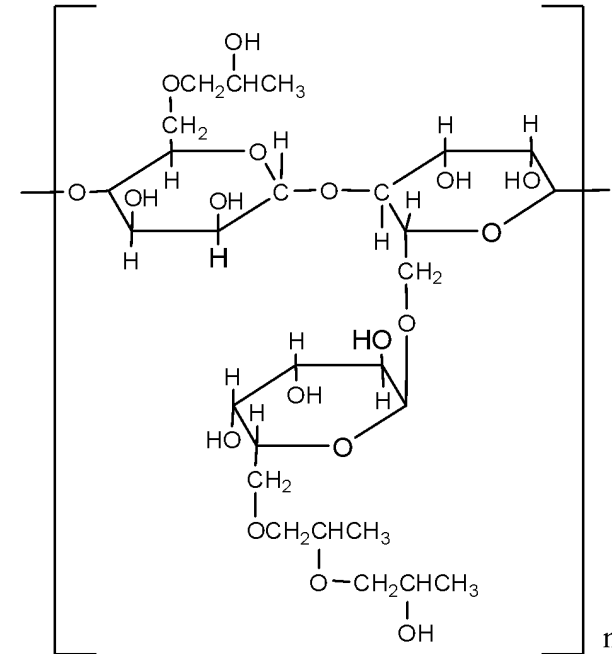
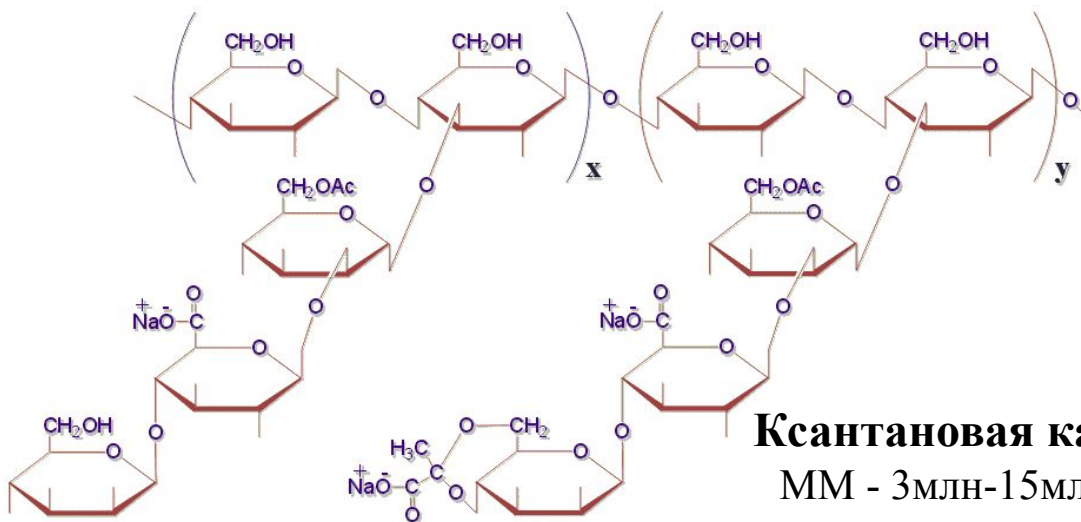
### Задачи:

- Изучить литературные данные по методам и целям сшивки радиационным воздействием водорастворимых полимеров.
- Исследовать основные реологические параметры образцов полимеров после облучения, рассмотреть возможность использования этих полимеров в рецептурах бурения, глушения и гидроразрыва.
- Проработать возможность использования ферментного деструктора в составе жидкости гидроразрыва, с целью максимальной деструкции в трещине ГРП.
- Подобрать рабочую концентрацию фермента и уровень водородного показателя жидкости ГРП, в которой деструкция будет максимальной. Разработать состав жидкости ГРП.



# Молекулярное строение водорастворимых полимеров ксантана и гуара

**Гуаровая камедь**  
ММ – 2млн-5млн Да

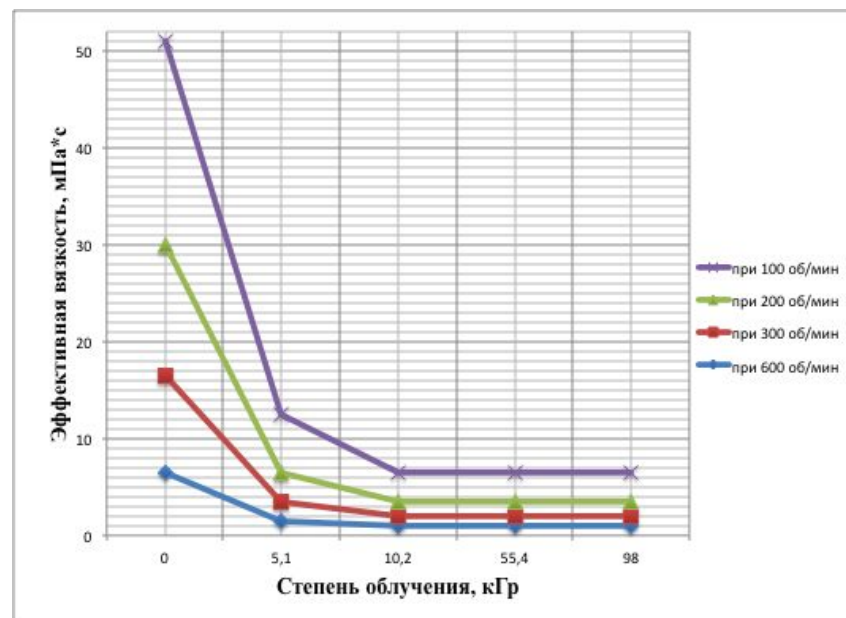
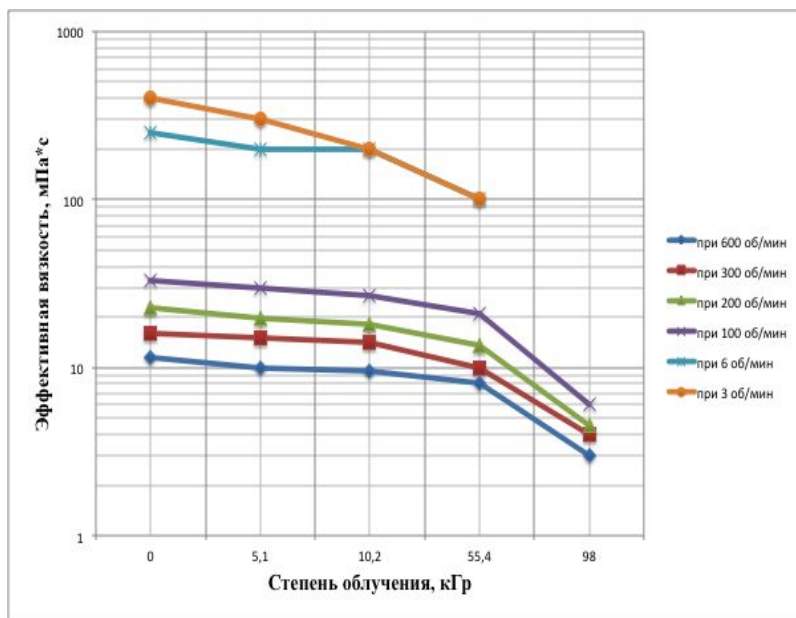


**Гидроксипропилгуар**  
ММ - 1,2млн Да

**Ксантановая камедь**  
ММ - 3млн-15млн Да



## Влияние степени облучения ксантана на его эффективную вязкость



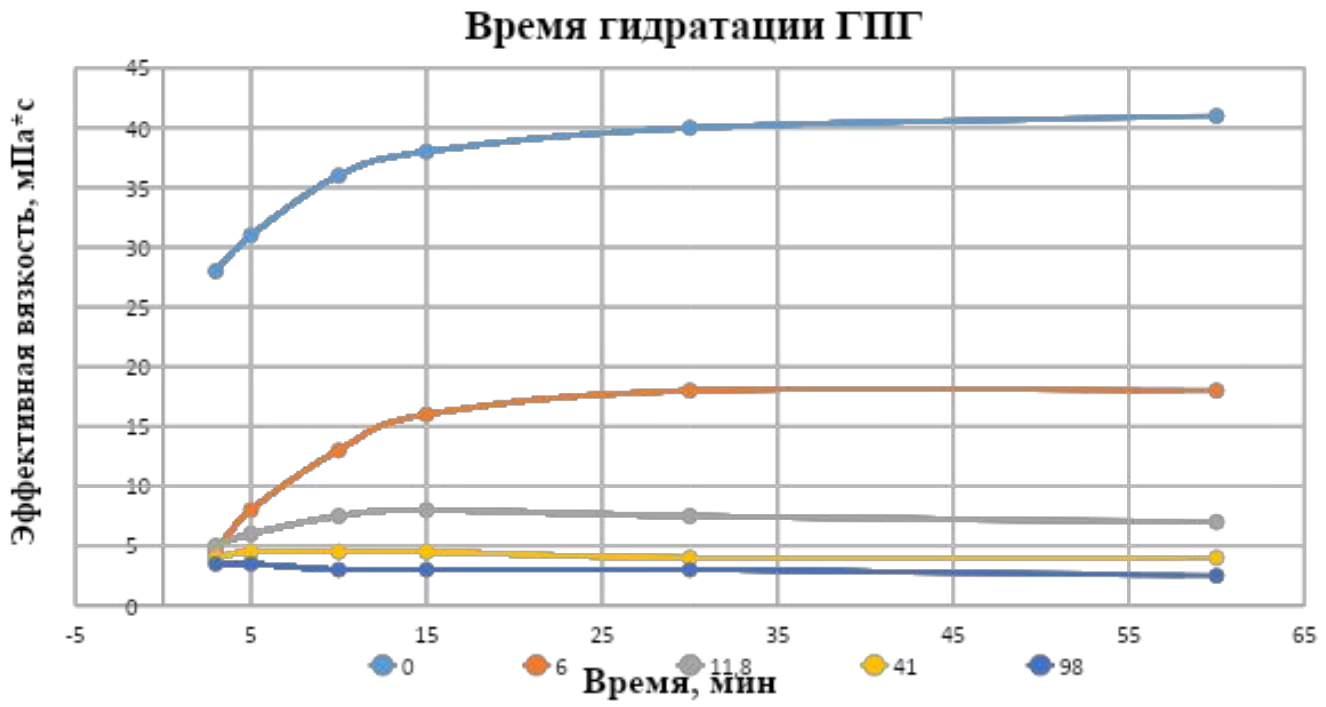
Эффективная вязкость растворов ксантановой смолы при  $20^{\circ}\text{C}$  сохраняет значения до степени облучения **55,4 кГр** (килоГрей – единица поглощенной дозы)

Эффективная вязкость растворов ксантановой смолы при  $80^{\circ}\text{C}$  резко снижается уже при степени облучения **5,1 кГр**, что связано с деструкцией полимера

**Вывод:** облучение выше **5,1 кГр** разрушает ксантантановый полимер до невозможности применения его в рецептурах для строительства и глушения скважин.



# Влияние степени облучения гуара на время его гидратации



- ◆ Эффективная вязкость является минимальной уже при  $20^{\circ}\text{C}$
- ◆ При дозе облучения **6 кГц** время гидратации **уменьшается**
- ◆ Возможно, что снижение дозы облучения снизит негативное влияние на вязкость



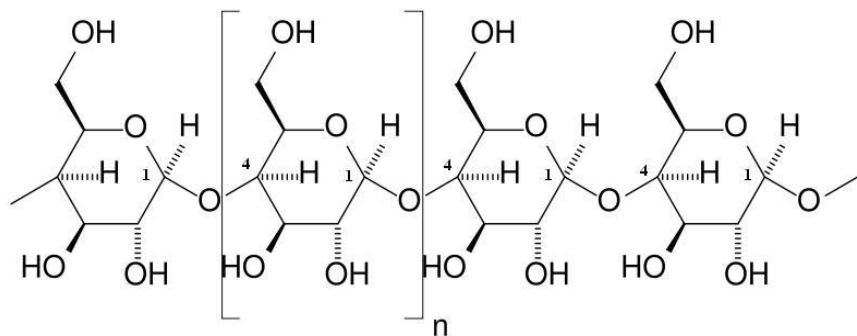
## Выводы

В ходе исследования выявлено, что при воздействии минимальной дозы облучения равной **5,1 кГр**, ксантановая и гуаровая камеди **резко снижают эффективную вязкость**, до невозможности применения облученных полимеров в рецептурах для строительства и глушения скважин.

**Направление работы было скорректировано:**

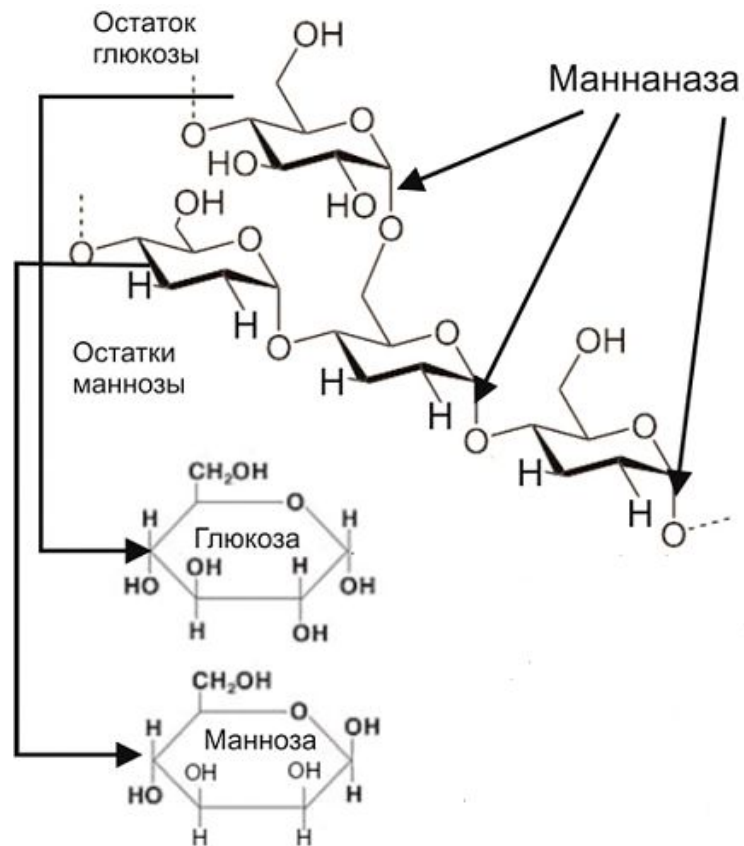
Исследование поведения энзимного деструктора в составах жидкостей для гидроразрыва пласта.

# Воздействие энзима на полисахаридные звенья



**Фрагмент структуры энзимного деструктора**

**Структурный механизм действия энзима на полисахаридные звенья**

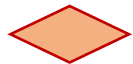
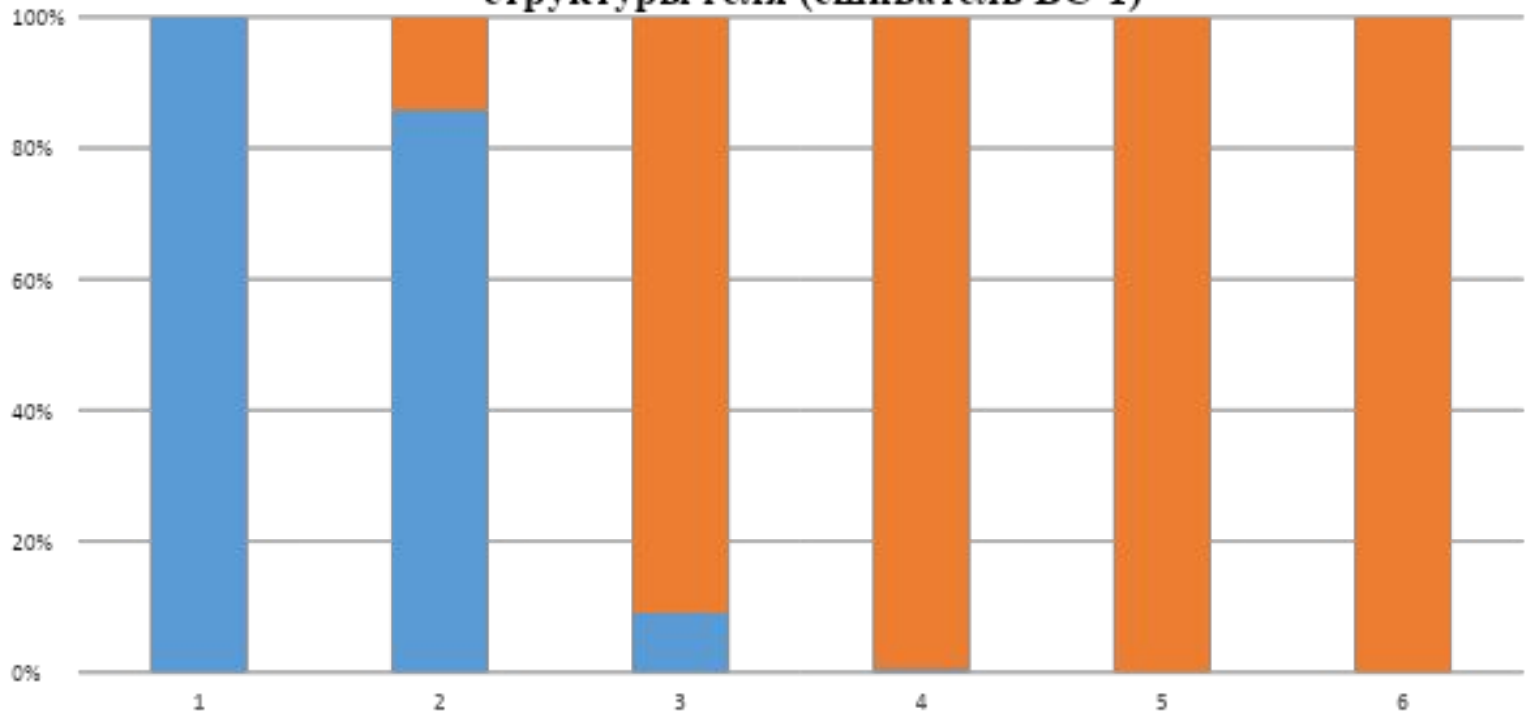






## Эффективная концентрация энзимного деструктора в жидкости ГРП

Влияние количества сухого деструктора на время разрушения структуры геля (сшиватель БС-1)

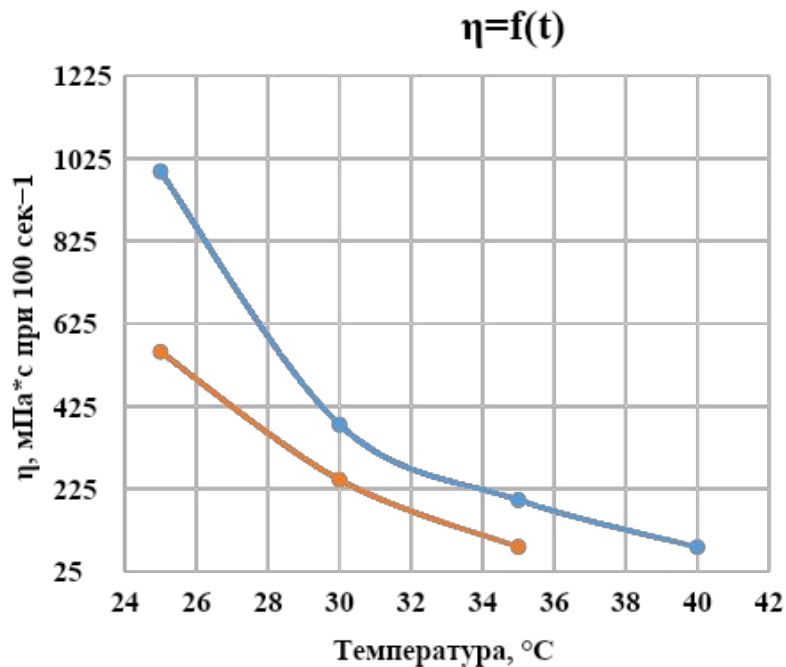


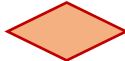
Выявлена максимальная концентрация энзима ( $\beta$ -маннаназы) – **0,00005 г/л** и для сшивателя «БС-1» и **0,0001 г/л** – для «БС-2»



# Реологические исследования геля ГРП в присутствии сшивателя «БС-1» и энзимного деструктора в условиях пластовых температур 25-40 °С

t, °С / $\eta$ , мПа*с при 100 сек <sup>-1</sup>	25	30	35	40
$C_d=0,0000025$ г/л	993,68	380,34	198,23	84,02
$C_d=0,000005$ г/л	556,99	246,98	84,56	-

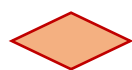
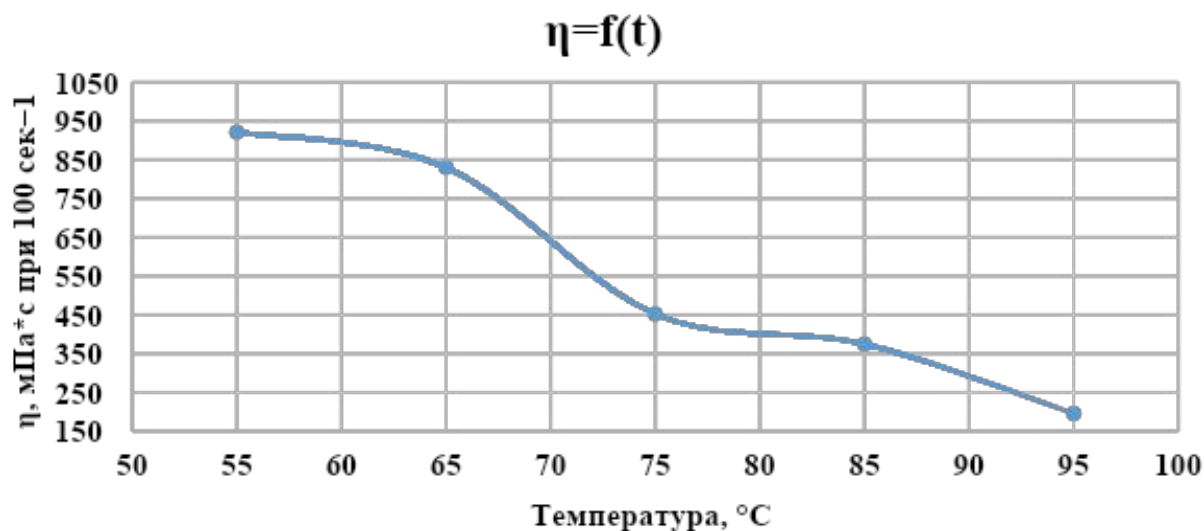


 В температурном интервале 25-30°С рекомендуемая концентрация энзимного деструктора 0,0000025 г/л



# Реологические исследования геля ГРП в присутствии сшивателя «БС-2» и энзимного деструктора в условиях пластовых температур 55-95 °С

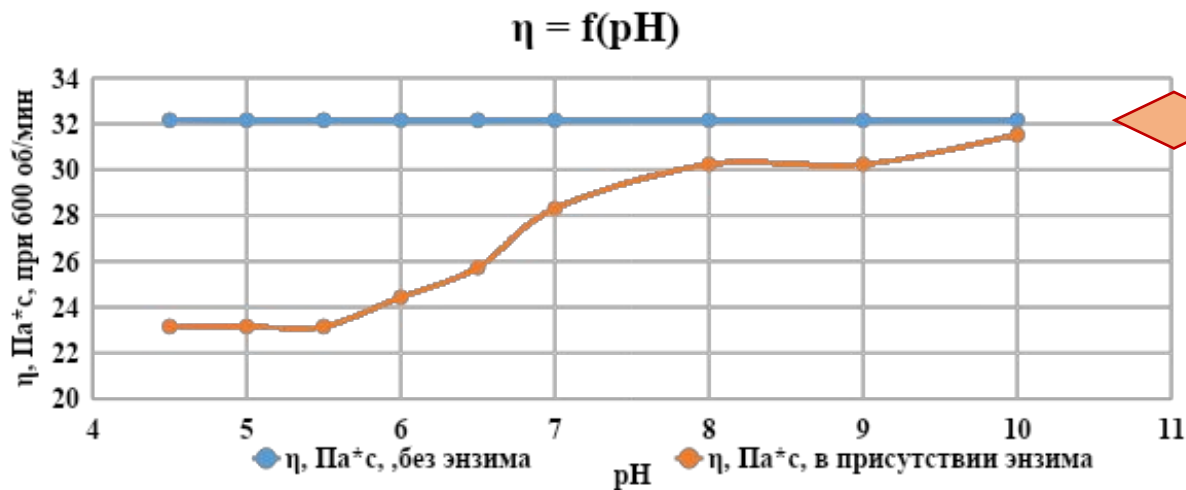
$t, ^\circ\text{C} / \eta, \text{мПа}\cdot\text{с при } 100 \text{ сек}^{-1}$	55	65	75	85	95
$\text{Сд}=0,0001 \text{ г/л}$	993,68	380,34	198,23	84,02	84,02



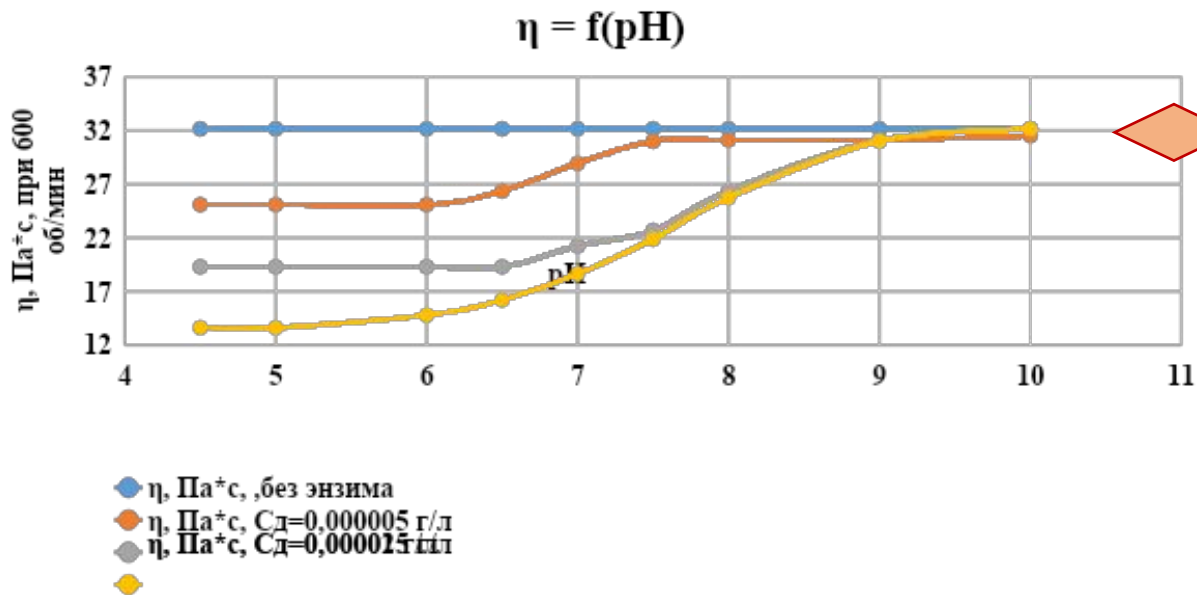
Максимальная пластовая температура для жидкости разрыва в присутствии энзимного деструктора - 75°С



## Влияние водородного показателя на реологию составов, содержащих энзимный деструктор

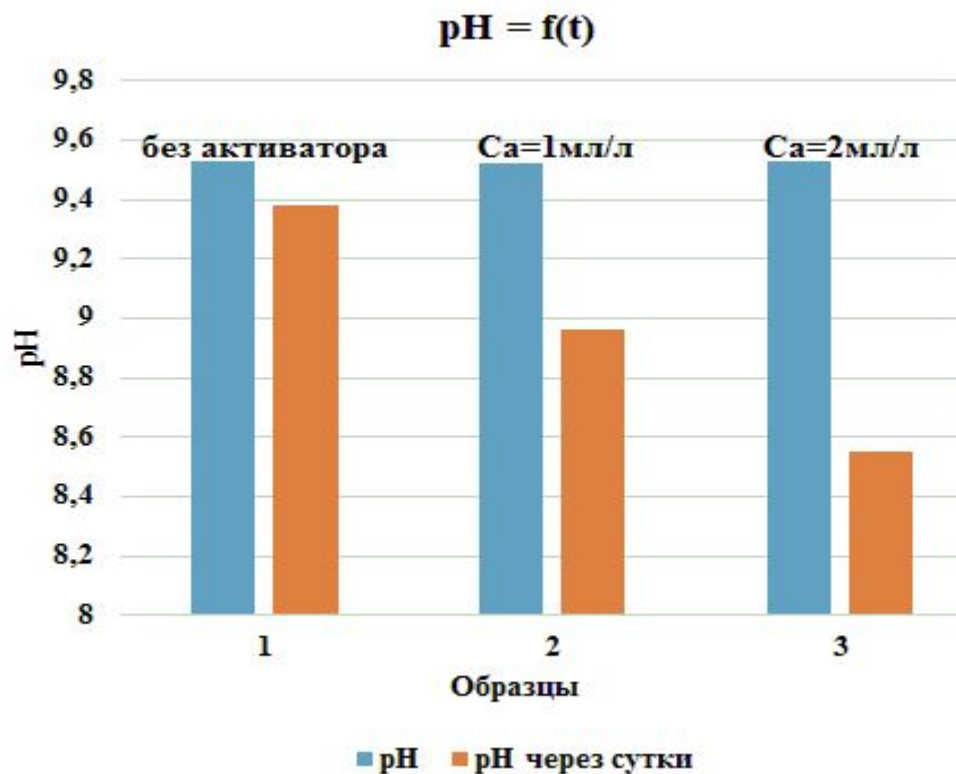


Падение эффективной вязкости при снижении pH



Зависимость эффективной вязкости от величины pH при различных концентрациях энзимного деструктора

## Влияние активатора деструкции на рН жидкости ГРП в присутствии энзимного деструктора



Очевидно снижение рН через сутки в присутствии активатора деструкции в количестве 2 мл/л.



# Выводы

1. В ходе исследования выявлено, что при воздействии дозы облучения равной 5,1 кГр, ксантановая и гуаровая камеди резко снижают эффективную вязкость до невозможности применения облученных полимеров в рецептурах для строительства и глушения скважин.
2. В результате работы, подобрана оптимальная концентрация  $\beta$ -маннаназы, которая может быть применима в скважинах с низкой пластовой температурой. Концентрации  $C_d=0,000025$  г/л и  $C_d=0,0001$  г/л являются приемлемыми для сохранения свойств геля и эффективной деструкции, при содержании в составе БС-1 и БС-2, соответственно.
3. Предложено использование активатора деструкции в количестве 2 л/м<sup>3</sup>, снижающего рН при увеличении температуры до 65°C.
4. Предложены два типа рецептур
  - 1) С применением сшивателя марки «БС-1» (для 25°C):
    - «Гелеобразователь ГПГ – 1» – 3 кг/ м<sup>3</sup>,
    - Сшиватель боратный «БС-1» – 3 кг/ м<sup>3</sup>,
    - $\beta$ -маннаназы водно-спиртовой раствор – 2 л/м<sup>3</sup> ( $C_d = 0,000025$  г/л).
  - 2) С применением сшивателя марки «БС-2» (для 65°C):
    - «Гелеобразователь ГПГ – 1» – 3 кг/ м<sup>3</sup>,
    - Сшиватель боратный «БС-2» – 3,2 кг/ м<sup>3</sup>,
    - $\beta$ -маннаназы водно-спиртовой раствор – 2 л/м<sup>3</sup> ( $C_d = 0,0001$  г/л).
    - Активатор деструкции – 2 л/м<sup>3</sup>.



---

**Спасибо за внимание!**

---