

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В БИОПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩИХ СОЛЕЙ

Чудык И. И.

ИФНТУНГ

Ляшенко С. О.

ООО «Геосинтез Инжиниринг»

В мировой практике строительства нефтяных и газовых скважин увеличиваются объемы применения безглинистых буровых растворов на биополимерной основе, которые позволяют проводить скважины с минимальным давлением на забой, обеспечивают условия для повышения скорости бурения, эффективной очистки ствола скважины и качества вскрытия продуктивных горизонтов.

Однако применение биополимерных растворов при вскрытии коллоидальных глинистых отложений затруднено вследствие их склонности к интенсивному загустеванию при поступлении большого объема глинистого шлама. Причина лежит в самой природе биополимерных промывочных систем, тиксотропная структура которых основана на взаимодействии высокомолекулярных полисахаридных полимеров.

Чтобы расширить область применения биополимерных систем на интервалы коллоидальных глин, необходимо изменить механизм получения тиксотропной структуры. Для решения данной проблемы мы использовали известный метод сшивания молекул биополимера комплексообразующими солями поливалентных металлов [1-3].

Нами изучены зависимости реологических и структурно-механических свойств биополимерного раствора от концентрации некоторых солей комплексообразователей (Рис. 1).

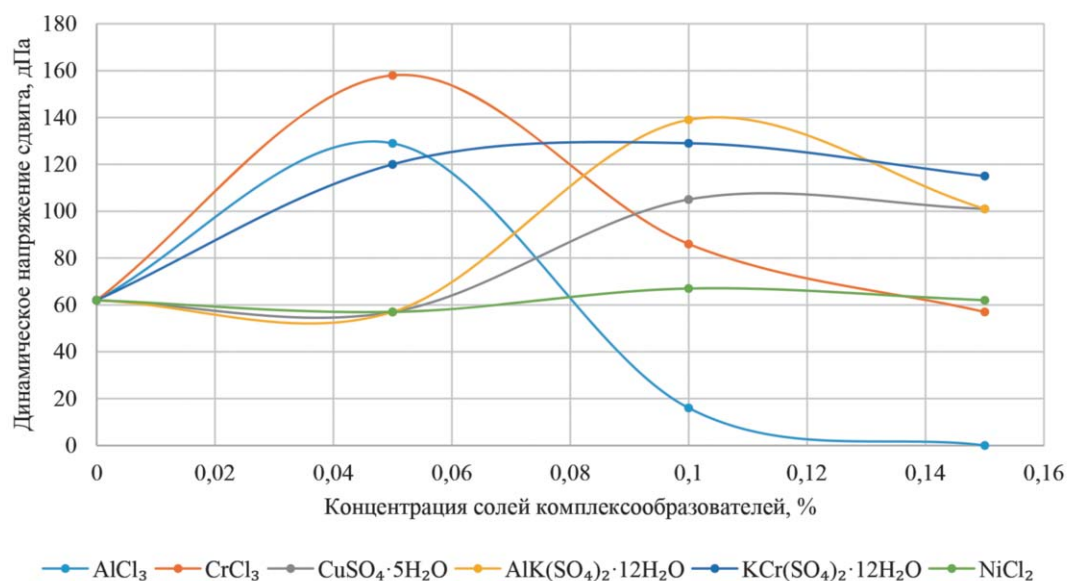


Рис. 1 – График зависимости динамического напряжения сдвига биополимерного раствора от концентрации солей комплексообразователей.

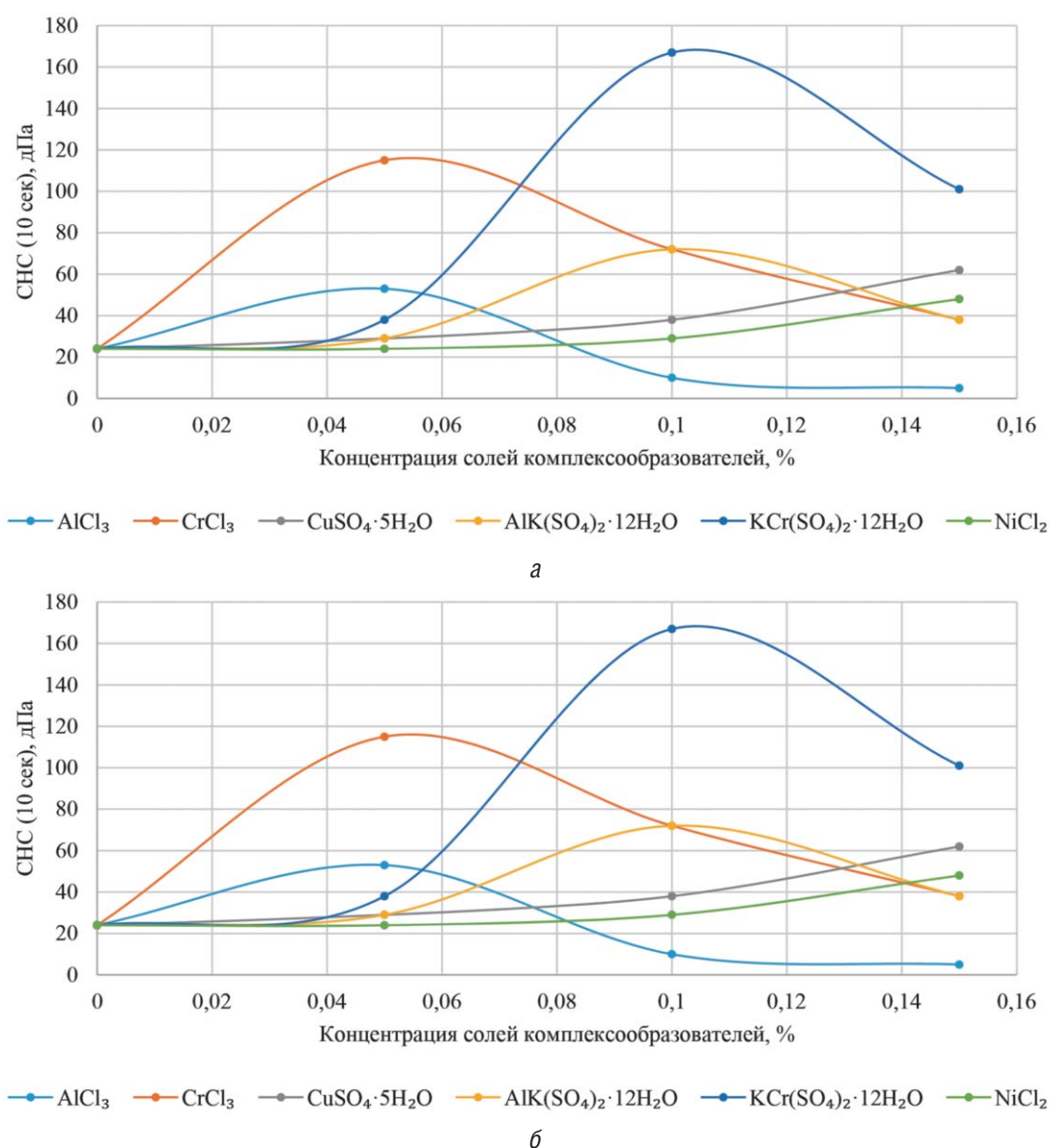


Рис. 2 – График зависимости статического напряжения сдвига биополимерного раствора от концентрации солей комплексообразователей: а) СНС за 10 сек; б) СНС за 10 мин

В исследуемую пробу раствора ксантановой камеди 0,3% концентрации добавляли от 0,05 до 0,15% сшивающего агента ($\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Установлено, что все использованные соли обеспечивают сшивку биополимера, что проявляется в повышении вязкости, показателя СНС и реологических свойств полученных растворов.

Наиболее прочные структуры образуются при вводе солей, содержащих трёхвалентный ион хрома. На графике статического напряжения сдвига наблюдается многократное увеличение прочности геля биополимерного геля уже при вводе 0,05% хромсодержащих солей (Рис. 2).

Однако пространственная структура, полученная сшивкой молекул биополимера, во времени или под действием температуры, переходит в кристаллизационную форму, что резко снижает ее способность к восстановлению после механического разрушения. Кроме этого, термостатирование растворов, обладающих сшитой биополимерной структурой, часто сопровождается явлением синерезиса, обусловленным увеличением числа контактов между молекулами вследствие усиления их теплового движения. В результате происходит упрочнение полимерной основы геля, уменьшение ее объема и отделение дисперсионной среды (Рис. 3).

Таким образом установлено, что процесс сшивки биополимера и образование первичной структуры протекает очень интенсивно, в течении небольшого периода времени. В дальнейшем сшитая биополимерная структура имеет тенденцию к упрочнению. Постепенно прочность структуры достигает

критических значений, что придает ей необратимый характер. Повышение температуры увеличивает скорость упрочнения структуры.

Регулирование интенсивности процессов структурообразования возможно введением в систему ионного буфера, в роли которого могут выступать лигносульфонатные реагенты. Молекулы лигносульфонатов блокируют активные центры на поверхности молекул биополимера и тем самым препятствуют возникновению синерезиса.

Лигносульфонатные реагенты также исключают переход сшитой полимерной структуры в кристаллизационную форму. Структурно-механические параметры сшитого биополимерного раствора, обработанного реагентом КССБ, полностью восстанавливаются после термостатирования (Рис. 4).



Рис. 3 – Явление синерезиса в растворе биополимера, поперечно сшитого хромокалиевыми квасцами

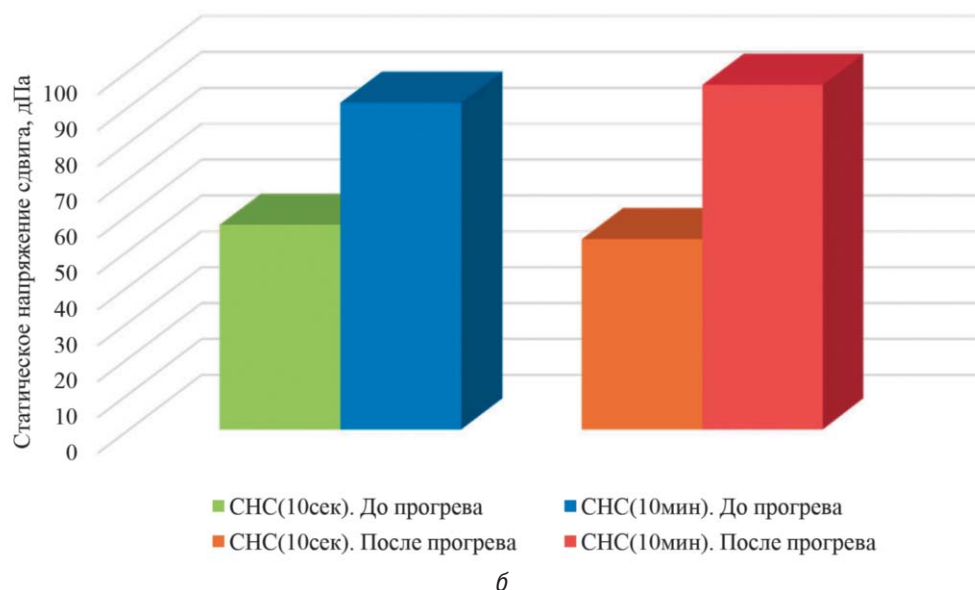
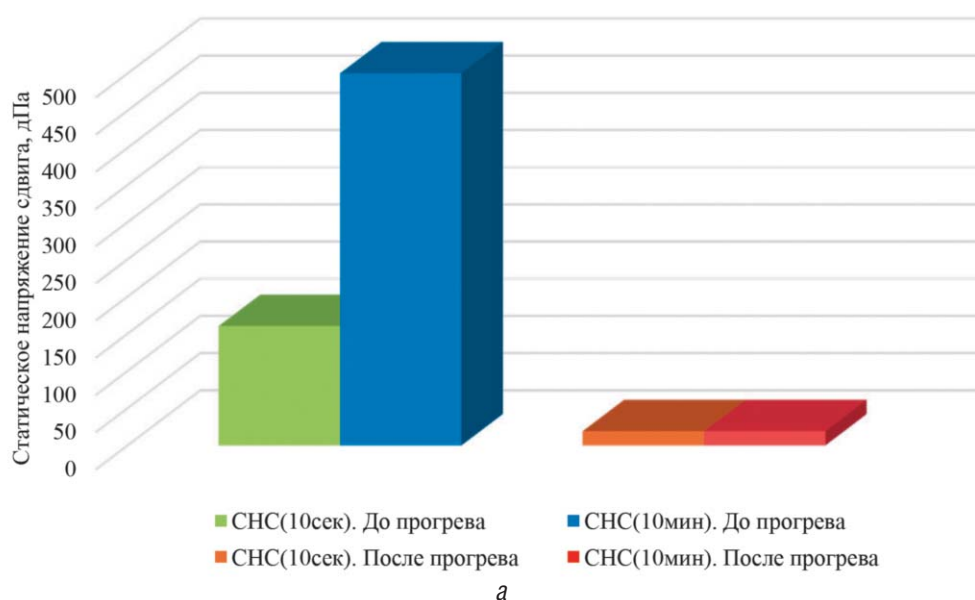


Рис. 4 – Изменение статического напряжения сдвига после термостатирования биополимерных растворов, сшитых с помощью ввода: а) хромокалиевых квасцов; б) хромокалиевых квасцов и 3% КССБ

Проведенные исследования были положены в основу биополимер-лигносульфонатного бурового раствора Лигнокросс, разработанного для вскрытия коллоидальных глинистых отложений (Таблица 1).

Разработанная промывочная система сохраняет все технологические преимущества, присущие традиционным безглинистым буровым растворам на полисахаридной основе. Исследованиями подтверждены высокие реологические характеристики в забойных условиях, низкая фильтрация, высокие ингибирующие и изолирующие свойства. Лигнокросс устойчив к моно- и поливалентной солевой агрессии. Это позволяет использовать водорастворимые соли для утяжеления бурового раствора и замещения традиционных твердых утяжелителей – барита и мрамора. Термическая устойчивость системы при полной минерализации по хлориду натрия достигает 140 градусов Цельсия.

Основным преимуществом системы Лигнокросс перед традиционными безглинистыми растворами на полисахаридной основе является повышенная устойчивость к загрязнению глинистой породой. На графике представлена кинетика изменения реологических и структурно-механических параметров биополимерных растворов, вследствие набухания и диспергирования введенного бентонита. Установлено, что система Лигнокросс значительно меньше подвержена загустеванию, чем традиционный биополимерный буровой раствор.

Испытания системы Лигнокросс были проведены в отложениях высококоллоидальных глин Стебницкой свиты при бурении разведочной скважины Пидгирци 1. Промышленные испытания подтвердили результаты, полученные при лабораторных исследованиях. Раствор сохранил технологические параметры и позволил успешно пробурить скважину в условиях интенсивного поступления глинистого шлама и неудовлетворительной работы системы очистки.

Табл. 1 – Технологические параметры биополимер-лигносульфонатной системы Лигнокросс при бурении скважины Пидгирци 1

Интервал бурения	Техническая колонна Ø 245 мм	
	Проект	Факт
Плотность, г/см ³	1,20	1,18 – 1,23
Условная вязкость, с	50 – 100	29 – 55
СНС (1 мин / 10 мин), дПа	40 – 60 / 90 – 120	38 – 86 / 72 – 120
Фильтрация, см ³ /30 мин	6 – 8	6 – 6,5
Пластическая вязкость (PV), сПз	–	11 – 20
ДНС (УР), дПа	–	57 – 139
рН	9 – 11	7,4 – 8,75
Содержание KCl, %	–	5,1 – 5,84
Общая минерализация, %	–	10,3 – 17
Содержание твердой фазы, %	–	3 – 17
Содержание коллоидной фазы, кг/м ³	–	3 – 25

По нашему мнению, разработанная биополимер-лигносульфонатная промывочная система Лигнокросс может быть перспективной для вскрытия пластичных глинистых пород в Карпатах и на шельфе Чёрного моря.

Литература

1. Дедусенко Г.Я. Буровые растворы с малым содержанием твердой фазы / Г.Я. Дедусенко, В.И. Иванников, М.И. Липкес. – М.: Недра, 1985. – 160 с.
2. Дедусенко Г.Я. Исследование биополимера ХС и приготовленных на его основе промывочных жидкостей / Г.Я. Дедусенко, Н.М. Колодкова, ИИ. Липкес. // Z. angew. Geol. – 1980, – №5, – С. 269 – 271.
3. Ru Liu. Synthesis of Sodium Trimetaphosphate Crosslinked Xanthan Gum and Rheological Properties of Its Aqueous Solution[J] / Liu Ru, Li Haiping, Hou Wanguo // Chinese Journal of Applied Chemistry/ – 2015. – 32(9) – P. 1061 – 1069.