

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-4-48-55>

УДК 544.162; 622.276.6

ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМЫШЛЕННЫХ СОПОЛИМЕРОВ АКРИЛАМИДА НА СВОЙСТВА СШИТЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ В НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ

Д. А. ГОСПОДАРЁВ¹⁺, Л. П. КРУЛЬ²

¹Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти, ул. Книжная, 15б, 246003, г. Гомель, Беларусь

²Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 14, 220006, г. Минск, Беларусь

Цель работы — изучение влияния молекулярных характеристик промышленно выпускаемых сополимеров акриламида на реологические и структурно-механические свойства полиэлектролитных гидрогелей, полученных на их основе с использованием ацетата хрома (III) в качестве сшивающего агента.

Исследованы две разновидности сополимеров акриламида, а именно: биполимеры акриламида с акрилатом натрия и терполимеры акриламида с 2-акриламидо-2-метилпропансульфонатом натрия и акрилатом натрия. Сополимеры отличаются молекулярной массой и степенью анионности по функциональным группам. Методом осцилляционной реометрии определены зависимости модулей упругости и модулей потерь от частоты и относительной амплитуды деформации, на основании которых рассчитаны параметры вязкоупругого поведения сшитых гидрогелей. Показано, что при изготовлении водоизолирующих композиций предпочтительны низкомолекулярные полиакриламиды. Они позволяют увеличить содержание полимерной основы в составе композиции и, тем самым, получить водоизоляционные материалы с высокими показателями деформационно-прочностных свойств. Для использования в технологиях ограничения водопритоков в нефтяные скважины рекомендована композиция на основе сополимера акриламида и акрилата натрия с низкой молекулярной массой ($5 \cdot 10^5$ Да), которая является не только технологичной при приготовлении и нагнетании в нефтяной пласт, но и наиболее эффективной с точки зрения создания прочных гидроизоляционных экранов.

Ключевые слова: полиакриламид, ацетат хрома, сшитый гидрогель, водоизолирующая композиция, ограничение водопритоков.

EFFECT OF MOLECULAR CHARACTERISTICS OF COMMERCIAL ACRYLAMIDE COPOLYMERS ON THE PROPERTIES OF CROSSLINKED HYDROGELS FOR WATER SHUTOFF TREATMENT IN OIL WELLS

D. A. GOSPODAREV¹⁺, L. P. KRUL²

¹Belarusian Scientific Research and Design Institute of Oil, Knizhnaya St., 15b, 246003, Gomel, Belarus

²Belarusian State University, Leningradskaya St., 14, 220006, Minsk, Belarus

The purpose of this work is to study the molecular characteristics of commercially available acrylamide copolymers on rheological and mechanical properties of polyelectrolyte hydrogels obtained from polymer solutions by crosslinking with chromium (III) acetate.

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: d.gospodarev@beloil.by

Two types of acrylamide copolymers were investigated, in particular the bipolymers of acrylamide with sodium acrylate and the terpolymers of acrylamide with sodium 2-acrylamido-2-methylpropanesulfonate and sodium acrylate. Copolymer samples have different molecular weight and degree of anionicity of the functional groups. Using the method of oscillatory rheometry, the dependences of storage modulus and loss modulus on frequency and relative strain amplitude were determined and applied to calculate the parameters of the viscoelastic behavior of crosslinked hydrogels. It was found that low-molecular-weight polyacrylamides are more preferable for preparing water shutoff chemical formulations, which allow to increase polymer content in gelling solution and, thereby, to obtain water shutoff gels with enhanced strength characteristics. For water shutoff application in oil production wells, a gelling system based on copolymer of acrylamide and sodium acrylate with low molecular weight ($5 \cdot 10^5$ Da) was recommended as being not only technologically advanced for preparation and placement into oil reservoir, but also the most effective in terms of forming a strong gel barrier to eliminate excess water production.

Keywords: polyacrylamide, chromium acetate, crosslinked hydrogel, water shutoff formulation, water shutoff.

Поступила в редакцию 26.10.2022

© Д. А. Господарёв, Л. П. Круль, 2022

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Господарёв Д. А., Круль Л. П. Влияние молекулярных характеристик промышленных сополимеров акриламида на свойства сшитых гидрогелей для изоляционных работ в нефтяных скважинах // Полимерные материалы и технологии. 2022. Т. 8, № 4. С. 48–55. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-4-48-55>

Citation sample:

Gospodarev D. A., Krul' L. P. Vliyanie molekulyarnykh kharakteristik promyshlennykh sopolimerov akrilamida na svoystva sshitykh gidrogeley dlya izolyatsionnykh rabot v neftyanykh skvazhinakh [Effect of molecular characteristics of commercial acrylamide copolymers on the properties of crosslinked hydrogels for water shutoff treatment in oil wells]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2022, vol. 8, no. 4, pp. 48–55. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-4-48-55>

Литература

1. Повжик П. П., Примичев Д. А., Лымарь И. В., Господарёв Д. А., Демяненко Н. А. Подходы при разработке и реализации потокоотклоняющих технологий повышения нефтеотдачи пластов в РУП «ПО «Белоруснефть» // Недропользование XXI век. 2018. № 6 (76). С. 101–111.
2. Лымарь И. В. Результаты опытно-промысловых испытаний новых технологий изоляции водопритока, внедренных на нефтяных месторождениях Республики Беларусь // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2011. № 5. С. 39–42.
3. Макаревич А. В., Господарёв Д. А., Гилязитдинов Т. Д. Композиции для увеличения добычи нефти в условиях месторождений Припятского прогиба // Нефтяник Полесья. 2013. № 1 (23). С. 88–94.
4. Никулин В. Ю., Нигматуллин Т. Э., Михайлов А. Г., Мукминов Р. Р., Шаймарданов А. Р. Подбор составов и технологий для проведения изоляционных работ в горизонтальных скважинах, эксплуатируемых в осложненных условиях // Нефтяное хозяйство. 2021. № 10. С. 96–101. doi: 10.24887/0028-2448-2021-10-96-101
5. El-Karsani K. S., Al-Muntasheri G. A., Hussein I. A. Polymer Systems for Water Shutoff and Profile Modification: A Review Over the Last Decade // SPE Journal, 2014, vol. 19, pp. 135–149. doi: 10.2118/163100-PA
6. Bai B., Zhou J., Yin M. A comprehensive review of polyacrylamide polymer gels for conformance control // Petroleum Exploration and Development, 2015, vol. 42, is. 4, pp. 525–532. doi: 10.1016/S1876-3804(15)30045-8
7. Seright R., Brattekas B. Water shutoff and conformance improvement: an introduction // Petroleum Science, 2021, vol. 18, pp. 450–478. doi: 10.1007/s12182-021-00546-1

8. Шахно О. В., Круль Л. П. Особенности деградации полиэлектролитных гидрогелей на основе функционализированных полиакриламидов при тепловом старении // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2016. Т. 60, № 1. С. 54–60.
9. Малкин А. Я. Основы реологии. СПб. : Профессия, 2018. 336 с.
10. Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии / пер. с англ. И. А. Лавыгина ; под ред. В. Г. Куличихина. М. : КолосС, 2003. 312 с.
11. Pearson D. S., Graessley W. W. The Structure of Rubber Networks with Multifunctional Junctions // *Macromolecules*, 1978, vol. 11, no. 3, pp. 528–533. doi: 10.1021/ma60063a021
12. Sigale K., Omari A. Aspects of crosslinking sulfonated polyacrylamides from rheological studies on their gels // *Journal of Applied Polymer Science*, 1997, vol. 64, is. 6, pp. 1067–1072. doi: 10.1002/(SICI)1097-4628(19970509)64:6<1067::AID-APP5>3.0.CO;2-J

References

1. Povzhik P. P., Primichev D. A., Lymar' I. V., Gospodarev D. A., Demyanenko N. A. Podkhody pri razrabotke i realizatsii potokootklonyayushchikh tekhnologiy povysheniya nefteotdachi plastov v RUP «PO «Belorusneft» [Approaches in the development and implementation of flow-diverting technologies for enhanced oil recovery in RUE “PA “Belorusneft”]. *Nedropol'zovanie XXI vek* [21 Century Subsoil Use], 2018, no. 6, pp. 101–111.
2. Lymar' I. V. Rezul'taty opytно-promyslovyykh ispytaniy novykh tekhnologiy izolyatsii vodopritoka, vnedrennykh na neftyanykh mestorozhdeniyakh Respubliki Belarus' [The results of pilot field tests of new water-shutoff technologies implemented at the oil fields of the Republic of Belarus]. *Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa* [Equipment and technologies for oil and gas complex], 2011, no. 5, pp. 39–42.
3. Makarevich A. V., Gospodarev D. A., Gilyazitdinov T. D. Kompozitsii dlya uvelicheniya dobychi nefti v usloviyakh mestorozhdeniy Pripyatskogo progiba [Compositions for increasing oil production in conditions of the oilfields of the Pripyat trough]. *Neftyanik Poles'ya* [Oilman of Polesia], 2013, no. 1 (23), pp. 88–94.
4. Nikulin V. Yu., Nigmatullin T. E., Mikhaylov A. G., Mukminov R. R., Shaymardanov A. R. Podbor sostavov i tekhnologiy dlya provedeniya izolyatsionnykh rabot v gorizontallynykh skvazhinakh, ekspluatiruemykh v oslozhnennykh usloviyakh [Selection of compositions and technologies for water-shutoff jobs in horizontal wells operated under complicated conditions]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry], 2021, no. 10, pp. 96–101. doi: 10.24887/0028-2448-2021-10-96-101
5. El-Karsani K.S., Al-Muntasheri G.A., Hussein I.A. Polymer Systems for Water Shutoff and Profile Modification: A Review Over the Last Decade. *SPE Journal*, 2014, vol. 19, pp. 135–149. doi: 10.2118/163100-PA
6. Bai B., Zhou J., Yin M. A comprehensive review of polyacrylamide polymer gels for conformance control. *Petroleum Exploration and Development*, 2015, vol. 42, is. 4, pp. 525–532. doi: 10.1016/S1876-3804(15)30045-8
7. Seright R., Brattekas B. Water shutoff and conformance improvement: an introduction. *Petroleum Science*, 2021, vol. 18, pp. 450–478. doi: 10.1007/s12182-021-00546-1
8. Shakhno O. V., Krul L. P. Osobennosti degradatsii polielektrolitnykh gidrogeley na osnove funktsionalizirovannykh poliakrilamidov pri teplovom starenii [Degradation peculiarities of polyelectrolyte hydrogels based on functionalized polyacrylamide during thermal aging]. *Doklady Natsional'noy akademii nauk Belarusi* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus], 2016, vol. 60, no. 1, pp. 54–60.
9. Malkin A. Ya. *Osnovy reologii* [Rheology Fundamentals]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2018. 336 p.
10. Schramm G. *Osnovy prakticheskoy reologii i reometrii* [A Practical Approach to Rheology and Rheometry]. Moscow : KolosS Publ., 2003. 312 p.
11. Pearson D. S., Graessley W. W. The Structure of Rubber Networks with Multifunctional Junctions. *Macromolecules*, 1978, vol. 11, no. 3, pp. 528–533. doi: 10.1021/ma60063a021
12. Sigale K., Omari A. Aspects of crosslinking sulfonated polyacrylamides from rheological studies on their gels. *Journal of Applied Polymer Science*, 1997, vol. 64, no. 6, pp. 1067–1072. doi: 10.1002/(SICI)1097-4628(19970509)64:6<1067::AID-APP5>3.0.CO;2-J