

ISSN 2091-5527
№ 1/2025

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

макроионларнинг 65-70 % ни ташкил этган. Ушбу тасвирлар макроионларнинг электрод сиртида тикланиши, яъни титан пластинка сиртида электрон алмашиш натижасида бирикиб, нейтраллашиб қоплама ҳосил қилганлигидан далолат беради.

Хулоса. Ушбу ўтказилган тадқиқотлар асосида тадқиқот объектларининг, биополимерларни макроионлар сифатида градиентли ва электр майдонларда силжиш хусусиятлари, эффектив қовушоқлиги ва қовушоқ оқим фаолик энергияси, электр майдони таъсирида электрод сиртида чўкма ҳосил қилиши, силжиш оқими градиентли майдонида суюлтирилган эритмаларнинг оқиши

ноньютон суюқликларга ҳос бўлиб, унда оқим куч чизиклари бўйлаб макромолекулалар қисман деформацион тартибланган ҳолатда айланма ва илгариланма ҳаракат қилган ҳолда силжийди ва силжиш жараёни ҳароратга боғлиқ бўлиб, ҳароратнинг ошиши билан оқувчанлик ҳам ошади. Ток кучининг 4 мА ва 8 мА бўлганда электродлар сиртида макроионлар электрохимий тикланиши ва бу жараёнларни жадал тарзда амалга оширишда полиэлектродларнинг қовушоқлиги муҳим эканлиги баҳоланди. Бунинг асосида қалинлиги 0,01 – 15 мкм бўлган қопламалар шакллантириш имкониятлари кўрсатиб берилган ҳамда жараённинг оптимал параметрлари аниқланган.

Фойдаланилган адабиётлар

1. K. J. Mardonovich, K. A. Akhatovich, and T. Z. Shukurulloevich, *Features of Electrochemical Reduction of Silk Fibroin in the Presence of Phosphate Tricalcium in the Form of Nanocoating*, Mod. Phys. Lett. B 35, 2150476 (2021).
2. A. V. Khramenkova, D. N. Izvarina, K. M. Popov, M. A. Khimich, and I. Yu. Litovchenko, *A Novel Hybrid Electrode Materials for Supercapacitors Based on Polyelectrolyte Chitosan Complex*, Solid State Ion. 403, 116385 (2023).
3. N. Dehghani, F. Haghirsadat, F. Yazdian, F. Sadeghian-Nodoushan, N. Ghasemi, F. Mazaheri, M. Pourmadadi, and S. M. Naghib, *Chitosan/Silk Fibroin/Nitrogen-Doped Carbon Quantum Dot/ α -Tricalcium Phosphate Nanocomposite Electrospun as a Scaffold for Wound Healing Application: In Vitro and in Vivo Studies*, Int. J. Biol. Macromol. 238, 124078 (2023).
4. J. Khakkulov, A. Kholmuminov, and T. Zokirjon, *Formation of a Biopolymer Nano Layer by Electrolysis*, Am. J. Mod. Phys. 10, 5 (2021).
5. G. P. Udayakumar, S. Muthusamy, B. Selvaganesh, N. Sivarajasekar, K. Rambabu, F. Banat, S. Sivamani, N. Sivakumar, A. Hosseini-Bandegharaei, and P. L. Show, *Biopolymers and Composites: Properties, Characterization and Their Applications in Food, Medical and Pharmaceutical Industries*, J. Environ. Chem. Eng. 9, 105322 (2021).
6. K. Babaremu, O. P. Oladijo, and E. Akinlabi, *Biopolymers: A Suitable Replacement for Plastics in Product Packaging*, Adv. Ind. Eng. Polym. Res. 6, 333 (2023).
7. M. C. Biswas et al., *Recent Advancement of Biopolymers and Their Potential Biomedical Applications*, J. Polym. Environ. 30, 51 (2022).
8. M. Agarwal, A. Zika, R. Schweins, and F. Gröhn, *Controlling the Morphology in Electrostatic Self-Assembly via Light*, Polymers 16, 1 (2024).
9. R. Y. Milusheva and S. S. Rashidova, *Bombyx Mori Chitosan Nanoparticles: Synthesis and Properties*, Open J. Org. Polym. Mater. 9, 4 (2019).
10. J. Khakkulov, A. Kholmuminov, and O. Sultonov, *Electrochemical Reduction of Silk Fibroin Macroion and Nanoparticles as a Composite Nanocoating*, J. Crit. Rev. 5483 (2020).
11. J. M. Khakkulov, Z. Sh. Temirov, B. M. Matyakubov, and A. P. Sultanov, *Formation of Layered Nanofibric Materials and Composite Coatings*, Mod. Phys. Lett. B 38, 2450175 (2024).
12. K. J. Mardonovich and K. A. Akhatovich, *Polyelektrolite Solutions and Molecular Descriptions of Biopolymer Macroions*, Am. J. Mod. Phys. 11, 6 (2023).
13. G. D. Wilcox and D. R. Gabe, *Faraday's Laws of Electrolysis*, Trans. IMF (1992).

УДК: 678.023.001.2(075)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕССЫ СУЛЬФИРОВАНИЯ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ОТХОДОВ

Юсупов Ф.М., Юсупов С.К., Мирзаев З.А., Нуриддинова Д.З., Темиров Ғ.Б.

Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан

Аннотация. В данной работе изучено влияние температуры на процессы сульфирования низкомолекулярных полиэтиленовых отходов. Эксперименты проводились в диапазоне температур 60–120°C с последующим анализом изменения химических и физико-химических свойств полученного продукта. Установлено, что повышение температуры способствует увеличению степени сульфирования, которая возросла с 45.2% при 60°C до 80.1% при 120°C. При этом содержание серы в конечном продукте увеличилось с 4.5% до 9.6%, что подтверждает более глубокую химическую модификацию при высоких температурах. Полученные результаты подтверждают, что температура

является ключевым фактором, определяющим эффективность сульфирования и степень химической модификации низкомолекулярных полиэтиленовых отходов.

Ключевые слова: сульфирование, температура, низкомолекулярные полиэтиленовые отходы, степень сульфирования.

Введение. Современные тенденции в области переработки полимерных отходов направлены на создание эффективных и экологически безопасных методов их утилизации. Полиэтилен, являясь одним из самых широко используемых полимеров [1], обладает высокой химической стойкостью и длительным сроком разложения в природе, что делает его переработку особенно актуальной задачей. Одним из перспективных способов модификации полиэтиленовых отходов является процесс сульфирования, который позволяет придать материалу новые свойства и расширить сферы его применения [2].

Сульфирование полиэтилена представляет собой процесс введения серосодержащих групп в структуру полимера, что может существенно изменить его физико-химические характеристики, такие как гидрофильность, адгезионная способность и химическая стойкость [3]. Данный метод модификации особенно важен при создании специализированных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами, например, для использования в мембранных технологиях, сорбентах или электроизоляционных покрытиях [4].

Одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность процесса сульфирования, является температура реакции. От ее значения зависит степень превращения, равномерность распределения функциональных групп по макромолекулярной цепи и конечные свойства полученного продукта [5]. Оптимизация температурных режимов позволит не только повысить эффективность процесса, но и снизить энергозатраты, что особенно важно в промышленном масштабе [6].

Настоящее исследование направлено на изучение влияния температуры на процессы сульфирования низкомолекулярных

полиэтиленовых отходов. В работе рассматриваются механизмы химического модифицирования, анализируются изменения в структуре материала и исследуются основные физико-химические свойства полученных продуктов [7]. Результаты данного исследования могут способствовать развитию новых методов переработки полимерных отходов и созданию инновационных материалов с заданными характеристиками.

Материалы и методики. В данном исследовании для процесса сульфирования низкомолекулярных полиэтиленовых отходов использовался реактор с механическим перемешиванием модели КА LR 1000. Реакция проводилась при постоянном перемешивании с использованием мешалки типа КА RW 20 digital, обеспечивающей равномерное распределение реагентов.

Параметры процесса:

Начальная температура реакции: 60°C

Температурный диапазон: 60°C – 120°C

Скорость перемешивания: 500 об/мин

Время перемешивания: 2 часа

После завершения процесса образцы подвергались промывке дистиллированной водой для удаления остатков серной кислоты, а затем высушивались в вакуумной сушильной камере Memmert VO200 при 50°C в течение 24 часов.

Результаты и обсуждение. Степень сульфирования при различных температурах. Результаты исследования показывают, что степень сульфирования низкомолекулярного полиэтилена возрастает с повышением температуры (Таблица 1). При 60°C степень сульфирования составляет 45.2%, а при 120°C достигает 80.1%. Это свидетельствует о том, что повышение температуры ускоряет реакцию сульфирования, увеличивая количество внедренных серосодержащих групп.

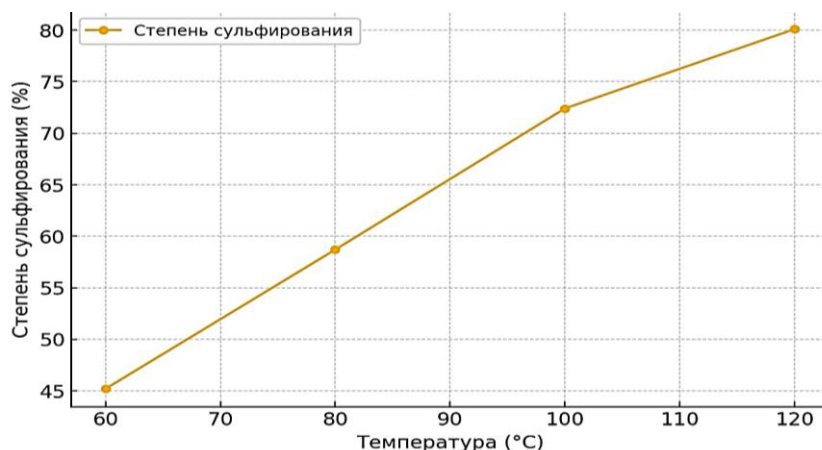


Рис. 1. Влияние температуры на степень сульфирования

График 1 подтверждает линейную зависимость между температурой реакции и степенью сульфирования. Однако важно отметить, что при температурах выше 120°C

могут начаться побочные процессы термодеструкции полимера, что потребует дополнительного контроля параметров.

Таблица 1.

Физические показатели модифицированного вещества, полученного в процессе сульфирования

Температура сульфирования (°C)	Плотность (г/см ³)	Растворимость в воде (г/л)	Поверхностное натяжение(мН/м)	Критическая концентрация мицеллообразования(мМ)	Вязкость (мПа·с)
60	1.02	5.8	34.5	9.2	150
80	1.04	7.2	31.2	7.5	180
100	1.07	8.9	28.9	5.8	220
120	1.1	10.5	26.5	4.3	260

Таблица демонстрирует, как температура сульфирования влияет на физические свойства полученного ПАВ.

1. *Плотность (г/см³):* Плотность увеличивается с 1.02 г/см³ при 60°C до 1.10 г/см³ при 120°C. Это свидетельствует о более плотной упаковке молекул, вызванной введением сульфогрупп, что приводит к увеличению массы при сохранении объема.

2. *Растворимость в воде (г/л):* Растворимость возрастает с 5.8 г/л до 10.5 г/л по мере повышения температуры сульфирования. Более высокая растворимость при высоких температурах указывает на улучшение гидрофильных свойств ПАВ, что связано с увеличением количества сульфированных групп, которые легко взаимодействуют с молекулами воды.

3. *Поверхностное натяжение (мН/м):* Снижение поверхностного натяжения с 34.5 мН/м до 26.5 мН/м при повышении температуры сульфирования демонстрирует, что ПАВ становится более эффективным в снижении межмолекулярных сил на поверхности воды. Это важно для применения ПАВ в моющих и чистящих средствах, так как низкое поверхностное натяжение способствует лучшему проникновению в загрязненные поверхности.

4. *Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) (мМ):* ККМ уменьшается с 9.2 мМ до 4.3 мМ, что говорит о том, что для образования мицелл требуется меньшая концентрация ПАВ. Это улучшает эффективность ПАВ в низких концентрациях, что снижает расходы на их использование.

5. *Вязкость (мПа·с):* Вязкость возрастает с 150 мПа·с до 260 мПа·с при повышении температуры сульфирования. Более высокая вязкость может указывать на увеличение молекулярной массы ПАВ или формирование более сложной структуры, что может быть полезно в специфических применениях, например, в стабилизаторах и загустителях.

Выводы. Полученные данные показывают, что температура является ключевым фактором, влияющим на эффективность сульфирования низкомолекулярных полиэтиленовых отходов. Оптимальный диапазон температур составляет 100–120°C, так как при этих значениях достигается высокая степень сульфирования без значительного разложения полимера. Также наблюдается улучшение механических и термических характеристик полученного материала, что делает его перспективным для дальнейшего применения в различных технологических процессах.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокomпозитов

Негматов С.С., Икрамова М.Э., Аликулова Х.А. Стандарт намуналарни таққослаш, тажрибаларни режалаштириш ва ўлчашларни таъминлашнинг илмий ечимлари	3
Djumag'ulov Sh.X., Xamidov A.M., Boyqobilov D.B., Ro'zimuradov O.N., Todjiyev J.N. Elektrolit tarkibidagi suv va ftorid tarkibining o'zgarishi TiO ₂ nanotrubkalari morfologiyasiga ta'siri	6
Жанабаев О.О., Эминов А.М., Калбаев Б.А. Учқудук каолинининг физик-кимёвий хоссалари ва керамик материаллар ишлаб чиқаришда қўллаш истикболлари	9
Xujamberdiyev Sh.M., Arifdjanova K.S., Mirzaqulov X.Ch. Ekstraksion fosfor kislotasi va karbamid asosida ammoniy polifosfat olish jarayoni	13
Хаққулов Ж.М., Темиров З.Ш., Бурхонова Ш.Б. Полимер макроионларининг градиентли ва электр майдони таъсирида силжиши	16
Юсупов Ф.М., Юсупов С.К., Мирзаев З.А., Нуриддинова Д.З., Темиров Ғ.Б. Изучение влияния температуры на процессы сульфирования низкомолекулярных полиэтиленовых отходов	21
Kurbanbayeva S.A., Ikramov A., Turabdjanov S.M., Qodirov O.Sh., Kadirov X.I. Study of the composition of the "TAR-product" and the separation of asphaltene homologues	24
Касымова М.Н, Негматова К.С. Исследование процесса образования металлокомплексов в структуре хлопкового волокна и разработка оптимальных составов композиций для крашения текстильных материалов	30
Негматов С.С., Эсанмуродов Ш.В., Негматова К.С., Рихсиходжаева Г.Р., Икрамова М.Э., Кенжаев Н.А. Исследование химического состава и физико-химических свойств минерализованных пластовых вод Бердах, Сауле, АРАЛ, Сургиль и Балканских нефтегазовых скважин	35
Во'rixonov B.X., Murodova J.Q., Xidirov Sh.B., Xayitov B.Q., Panjiyev A.X. Monoxlorsirka kislotasi efilari va aromatik aminlar asosida to'rtlamchi ammoniy tuzlari sintezi	40

2. Физико-механика и трибология композиционных материалов

Негматов Ж.Н., Муродов И.И., Абед Н.С., Косимов Ш.Б., Эргашев Н.Э., Абдураззоков А.А., Тухташева М.Н. Технология получения триботехнических композиционных термопластичных полимерных материалов и деталей для машин и механизмов хлопкоперерабатывающих производств и проведение их опытных испытаний в производственных условиях	45
Бердиев Д.М., Щукин В.Я., Кожевникова Г.В., Пушанов А.Н. Ресурсосберегающие технологии получения основы инструмента режущих зубьев методом прокатки	48
Khalikulov U.M., Khasanov A.S. Improvement of the mechanical properties of chromium-molybdenum steels using a modifier	51
Бегатов Ж.М., Эргашев М.С., Платошина М.М. Технологические особенности использования бандажей тяговых барабанов волоочильных машин	57
Хасанов А.С., Халикулов У.М. Термомеханическая обработка изделий из хромомолибденовой стали....	59
Норхуджаев Ф.Р., Шукуров Ш.Т. Термик ишлов бериш ва суюқ ҳолда азотлаш режимларининг тезкесар пўлатнинг структура ва хоссасига таъсири	67
Turaxodjayev N.D., To'rayev A.N., Axmedova M.E., Nosirxo'jayev I.S.A., Murodqosimov R.X., Almardonov S.A. Alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish uchun gaz pechlarini qoplashda o'tga chidamli materiallardan foydalanish	69
Шукуров Ш.Т. Оптимизация характеристик быстрорежущей стали с помощью термообработки и жидкого азотирования	73

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

Rosilov M.S., Beknazarov H.S., Cho'liyev J.R. DA-1S markali modifikator yordamida oltingugurtning modifikatsiyalash va u asosida modifikatsiyalangan serobitum olish	76
Жалилов Ш.Н. Разработка технологии и технологических режимов прессования древесно-пластиковых композиционных плитных материалов на основе древесноволокнистого наполнителя из стеблей хлопчатника и модифицированных мочевиноформальдегидных полимерных связующих	79
Turaxodjayev N.D., To'rayev A.N., Murodqosimov R.X., Nurdinov Z.B., Raximboyev Sh.I., Axmedova M.E. Gaz pechlarida alyuminiy qotishmalarini suyuqlantirish texnologiyasini ishlab chiqish va pech konstruksiyasini takomillashtirish	82
Xojiyeva F.J., Amonov M.R. Suvda eruvchan polimerlar asosida modifikatsiyalangan kraxmalni ohorlash jarayonida qo'llash samaradorligini o'rganish	84
Matkarimov S.T., Mukhametdjanova Sh.A., Nosirxojaev S.Q., Ochildiev Q.T., Nuraliev O.U., Ismoilov J.B. Thermodynamics of ore thermal recovery of copper slag	88