

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

ISSN: 2224-5286 (Print)
ISSN: 2518-1491 (Online)

**№3
2026**

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

3 (468)

JULY – SEPTEMBER 2026

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of IAAS and NAS RK, General Director of the Research Institute of Petroleum Refining and Petrochemicals (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the JSC "Phytochemistry Research and Production Center" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, professor (Olomouc, Czech Republic), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, University of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

ROSS Samir, Ph.D, professor, school of Pharmacy, National Center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine, faculty of Oriental medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the Academy of Sciences of Tajikistan, V.I. Nikitin Institute of Chemistry AS RT (Tajikistan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan № **KZ23VPY00121156**, issued 05.06.2025

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 2026

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХФАҚ және ҚР ҰҒА академигі, Мұнай өңдеу және мұнай-химиясы ғылыми-зерттеу институтының бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=66021779606>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, "Фитохимия" ғылыми-өндірістік орталығы" АҚ директоры (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, АҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ23VPY00121156, выданное 05.06.2025 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arithv>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2026

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик МАН и НАН РК, Генеральный директор НИИ нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор АО «Научно-производственного центра» Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЫТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Ахсана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серик Драгметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 05.06.2025 ж. берілген № KZ23VPY00121156 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2026

CONTENTS

Abdugaliyev A.Sh., Jalmakhanbetova R.I., Mukusheva G.K. Atomistic insight into solvent effects on the chemical structure of betulonic acid.....	11
Assembayeva E.K., Shadi D.K., Nurmukhanbetova D.E., Bozhbanov A.Zh., Gabdullina E.Zh. Effect of inulin on the quality characteristics of a fermented cheese whey-based beverage	25
Asylbekova D.D., Toktibayeva Kh.R., Kaldybayeva A.R., Zhurkhabayeva L., Tukibayeva A.S. Electrochemical behavior of phosphorous acid on a platinum electrode and its galvanostatic anodic oxidation using a lead anode	39
Auyeshov A.P., Yeskibayeva Ch.Z., Ibrayeva A.M., Alzhanov K.B., Dzholdasova E.M. Investigation of the adsorption characteristics of silica obtained from serpentinite by a combined acid–alkali method	58
Galymzhan A., Kozhabekov S., Kuanyshev A., Sansyzbay N., Abdrasilova A. Effect of octadecyl methacrylate–maleic anhydride copolymer composition on crude oil rheological properties	78
Darmenbayeva A.S., Rajasekharan R. Investigation of the structural properties of nanocellulose membranes derived from agricultural waste	95
Dmitriyeva E.A., Medvedev A., Kemelbekova A. Development of a low-temperature gas sensor based on SnO ₂ thin films and a precision measurement system for high-resistance detection	109
Dzheldybaeva I.M., Kairbekov Zh., Esenalieva M.Z., Dossumova B.T., Suimbaeva S.M. Influence of ultrasonic treatment on the structure and physicochemical properties of brown coal humic acids	125
Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Imangazy A. Features of heavy metal ion sorption by interpolymer systems formed from homogeneous polyelectrolytes	140
Zhylykybek M., Orazbekova R.S., Yerkibaeva M.K., Aidarova A.O., Baizhumanova T.S. Co–Mg oxide catalysts for deep oxidation of methane: synthesis, structure, and catalytic activity.....	154
Imangaliyeva B., Rakhmetova G., Dossanova B., Sovet N. Technology of biological fertilizer production by hydrolysis treatment of polymer waste.....	169
Karar M.E., Beisenbayev O.K., Alibekov R.S., Shamsudin R. Starch extraction from Baidaly rice and Gala potatoes for application in biodegradable materials.....	186
Kudaibergenova G.N., Azimbayeva G.E., Kamysbayeva A.K., Izteleu B.M., Kurbanbayeva N.M. Fatty acid composition of <i>Helianthus tuberosus</i> flowers	204
Massenova A.T., Sass A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Malgazhdarova M.K. Tuning of surface acidity in Zn–Me-modified shaped ZSM-5–Al ₂ O ₃ alkylation catalysts.....	219
Nurislamov R.M., Nefedov A.N., Beissenbayev D.K., Leontyeva X.A., Imashev B.K. Effect of oxide films on the corrosion resistance of iron: modeling in COMSOL Multiphysics 6.2.....	238

Nurlybayev O., Kudaibergenova R., Taubayeva R., Bekaulova A., Seitmanbetova A. Textural properties of bentonite–sawdust carbon composites after metal-chloride-assisted carbonization.....	250
Puzikova D.S., Bessonova G.V., Kenzin N.R., Zhurinov M.Zh., Torlopov I.I. Modeling cavitation of oil-containing media in various hydrodynamic configurations.....	263
Rakhimov A., Zhanikulov N., Taimasov B., Potapova E., Sarsenbaev B. Calculation of the raw material composition for cement clinker with the addition of lead slag processing waste.....	285
Ryskalieva D., Baibulanova A., Yessenamanova M., Mustafina A., Samat A. Hydrogen sulfide pollution in the atmosphere of an industrial city: the potential role of evaporation fields (Atyrau, Kazakhstan)	299
Serikbayeva K.T., Chalov T.K., Sadykov K.A. Rubidium sorption from aqueous solutions by VEMEA–AGE–PEI anion exchangers.....	322
Seitkazinova A.R., Nazhipkyzy M., Yeleuov M.A., Zhaparov A.A., Kalybayeva A.K. Orange peel-derived porous activated carbon	334
Samadun A.I., Taussarova B.R., Asrakulova D.I., Nurmukhanbetova D.E. Biodegradable packaging films with copper nanoparticles: effect of NaBH ₄ concentration on morphology and antifungal properties	351
Khamitova T.O., Tyanakh S., Bolatbay A.N., Ma Fengyun, Aitbekova D.E. Linking geological genesis to the molecular and optical traits of humic acids from coal wastes.....	370
Talgatov E., Zamanbekova A., Abilmagzhanov A., Auyezkhanova A., Akhmetova S. Polymer-modified supported catalysts for the oxidation of cyclohexane with hydrogen peroxide.....	389

МАЗМҰНЫ

Абдугалимов А.Ш., Джалмаханбетова Р.И., Мукушева Г.К. Бетулон қышқылының химиялық құрылымына еріткіштер әсерін атомистикалық тұрғыдан зерттеу	11
Асембаева Э.К., Шәді Д.Қ., Нурмуханбетова Д.Е., Божбанов А.Ж., Габдуллина Е.Ж. Инулиннің ірімшік сарысуы негізіндегі ашытылған сусынның сапа көрсеткіштеріне әсері.....	25
Асылбекова Д.Д., Токтыбаева Х.Р., Қалдыбаева А.Р., Журхабаева Л., Түкібаева А.С. Фосфорлы қышқылдың платина электродындағы электрохимиялық қасиеттері және оны қорғасын анодын қолданып гальваностатикалық анодты тотықтыру.....	39
Ауешов А.П., Ескибаева Ч.З., Ибраева А.М., Алжанов К.Б., Джолдасова Э.М. Қышқылды-сілтілі комбинациялық әдіспен серпентиниттен алынған кремнеземнің адсорбциялық сипаттамаларын зерттеу	58
Ғалымжан А., Қожабеков С., Қуанышев А., Сансызбай Н., Абдрасилова А. Октадецилметакрилат пен малеин ангидридi сополимерлері құрамының мұнайдың реологиялық қасиеттеріне әсері	78
Дарменбаева А.С., Rajasekharan R. Агроқалдықтардан алынған наноцеллюлозалы мембраналардың құрылымдық қасиеттерін зерттеу.....	95
Дмитриева Е.А., Медведев А., Кемелбекова А. SnO ₂ жұқа қабықшалары негізіндегі төмен температуралы газ сенсорын және жоғары кедергілерді тіркеуге арналған прецизионды өлшеу жүйесін әзірлеу.....	109
Джелдыбаева И.М., Қайырбеков Ж., Есеналиева М.З., Досумова Б.Т., Суймбаева С.М. Ультрадыбыстық өңдеудің қоңыр көмір гумин қышқылдарының құрылымы мен физика-химиялық қасиеттеріне әсері.....	125
Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Иманғазы А. Біртекті полиэлектролиттерден құрылған интерполимерлік жүйелердің ауыр металл иондарын сорбциялау ерекшеліктері.....	140
Жылқыбек М., Оразбекова Р.С., Еркибаева М.К., Айдарова А.О., Байжұманова Т.С. Метанды терең тотықтыруға арналған Co–Mg оксидті катализаторлар: синтезі, құрылымы және каталитикалық белсенділігі.....	154
Иманғалиева Б., Рахметова Г., Досанова Б., Совет Н. Полимер қалдықтарын гидролиздік өңдеу арқылы биологиялық тыңайтқыш алу технологиясы.....	169
Қарар М.Е., Бейсенбаев О.К., Алибеков Р.С., Роснах Шамсудин. Байдалы күрішпен және Гала сортты картоптан крахмал алу және оны биоыдырайтын материалдарда қолдану.....	186
Құдайбергенова Г.Н., Азимбаева Г.Е., Камысбаева А.К., Ізтелеу Б.М., Құрбанбаева Н.М. Топинамбур гүлдерінің май қышқылдық құрамы	204

Масенова А.Т., Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Малгаждарова М.К. Zn–Me-модификацияланған қалыпталған ZSM-5–Al ₂ O ₃ алкилдеу катализаторларының беттік қышқылдығын реттеу.....	219
Нурисламов Р.М., Нефедов А.Н., Бейсенбаев Д.К., Леонтьева К.А., Имашев Б.К. Темірдің коррозияға төзімділігіне оксидтік қабықшалардың әсері: COMSOL Multiphysics 6.2 бағдарламасында модельдеу.....	238
Нурлыбаев О., Кудайбергенова Р., Таубаева Р., Бекаулова А., Сейтманбетова А. Металл хлоридтері қатысында карбонизацияланған бентонит–ағаш үгіндісі көміртекті композиттерінің текстуралық қасиеттері.....	250
Пузикова Д.С., Бессонова Г.В., Кензин Н.Р., Жұрынов М.Ж., Торлопов И.И. Өртүрлі гидродинамикалық конструкциялардағы мұнай құрамды орталардың кавитация процесін модельдеу	263
Рахимов А., Жаникулов Н., Таймасов Б., Потапова Е., Сәрсенбаев Б. Қорғасын қожын өндеу қалдықтары қосылған цемент клинкерінің шикізат шихтасының құрамын есептеу	285
Серікбаева К.Т., Чалов Т.К., Садықов К.А. Сулы ерітінділерден рубидийді ВЭМЭА–АГЭ–ПЭИ аниониттерімен сорбциялау.....	299
Сейтказинова А.Р., Нажипқызы М., Елеуов М.А., Жапаров А.А., Қалыбаева А.Қ. Апельсин қабығынан алынған кеуекті белсендірілген көмір.....	322
Самадун А.И., Таусарова Б.Р., Асракулова Д.И., Нурмұханбетова Д.Е. Мыс нанобөлшектері бар биоыдырайтын қаптамалық үлдірлер: NaBH ₄ концентрациясының морфологияға және саңырауқұлаққа қарсы қасиеттеріне әсері.....	334
Хамитова Т.О., Тянах С., Болатбай А.Н., Ма Фэньюнь, Айтбекова Д.Е. Көмір қалдықтарынан бөлінген гумин қышқылдарының геологиялық генезисі мен молекулалық және оптикалық қасиеттерінің байланысы	351
Рысқалиева Д.К., Байбуланова А.А., Есенаманова М.С., Мұстафина А.Ж., Самат А.С. Өнеркәсіптік қала атмосферасының күкіртсутекпен ластануы: булану алаңдарының ықтимал рөлі (Атырау, Қазақстан)	370
Талғатов Э.Т., Заманбекова А.Т., Абильмагжанов А.З., Әуезханова А.С., Ахметова С.Н. Циклогександы сутек пероксидімен тотықтыруға арналған полимермен модификацияланған тасымалдағышқа бекітілген катализаторлар	389

СОДЕРЖАНИЕ

Абдугалимов А.Ш., Джалмаханбетова Р.И., Мукушева Г.К. Атомистическое исследование влияния растворителей на химическую структуру бетулоновой кислоты.....	11
Асембаева Э.К., Шади Д.К., Нурмуханбетова Д.Е., Божбанов А.Ж., Габдуллина Е.Ж. Влияние инулина на показатели качества ферментированного напитка на основе сырной сыворотки	25
Асылбекова Д.Д., Токтибаева Х.Р., Калдыбаева А.Р., Журхабаева Л., Тукибаева А.С. Электрохимическое поведение фосфористой кислоты на платиновом электроде и её гальваностатическое анодное окисление с использованием свинцового анода.....	39
Ауешов А.П., Ескибаева Ч.З., Ибраева А.М., Алжанов К.Б., Джолдасова Э.М. Исследование адсорбционных характеристик кремнезёма, полученного из серпентинита комбинированным кислотно-щелочным методом	58
Галымжан А., Кожабеков С., Куанышев А., Сансызбай Н., Абдрасилова А. Влияние состава сополимеров октадецилметакрилата и малеинового ангидрида на реологические свойства нефти	78
Дарменбаева А.С., Rajasekharan R. Исследование структурных свойств наноцеллюлозных мембран, полученных из агроотходов.....	95
Дмитриева Е.А., Медведев А., Кемелбекова А. Разработка низкотемпературного газового сенсора на основе тонких плёнок SnO ₂ и прецизионной измерительной системы для регистрации высокоомных сопротивлений.....	109
Джелдыбаева И.М., Каирбеков Ж., Есеналиева М.З., Досумова Б.Т., Суймбаева С.М. Влияние ультразвуковой обработки на структуру и физико-химические свойства гуминовых кислот бурого угля	125
Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Имангазы А. Особенности сорбции ионов тяжёлых металлов интерполимерными системами, сформированными из однородных полиэлектролитов.....	140
Жылкыбек М., Оразбекова Р.С., Еркибаева М.К., Айдарова А.О., Байжуманова Т.С. Co–Mg оксидные катализаторы для глубокого окисления метана: синтез, структура и каталитическая активность	154
Имангалиева Б., Рахметова Г., Досанова Б., Совет Н. Технология получения биологического удобрения путём гидролизной обработки полимерных отходов	169
Карар М.Е., Бейсенбаев О.К., Алибеков Р.С., Роснах Шамсудин. Получение крахмала из риса «Байдалы» и картофеля сорта «Гала» и его применение в биоразлагаемых материалах	186
Кудайбергенова Г.Н., Азимбаева Г.Е., Камысбаева А.К., Изтелеу Б.М., Курбанбаева Н.М. Жирнокислотный состав цветков топинамбура	204

Масенова А.Т., Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Малгаждарова М.К. Регулирование поверхностной кислотности Zn–Me-модифицированных формованных ZSM-5–Al ₂ O ₃ катализаторов алкилирования	219
Нурисламов Р.М., Нефедов А.Н., Бейсенбаев Д.К., Леонтьева К.А., Имашев Б.К. Влияние оксидных плёнок на коррозионную стойкость железа: моделирование в COMSOL Multiphysics 6.2	238
Нурлыбаев О., Кудайбергенова Р., Таубаева Р., Бекаулова А., Сейтманбетова А. Текстурные свойства бентонит–углеродных композитов после карбонизации в присутствии хлоридов металлов	250
Пузикова Д.С., Бессонова Г.В., Кензин Н.Р., Журинов М.Ж., Торлопов И.И. Моделирование процесса кавитации нефтесодержащих сред в различных гидродинамических конструкциях.....	263
Рахимов А., Жаникулов Н., Таймасов Б., Потапова Е., Сарсенбаев Б. Расчёт состава сырьевой шихты для цементного клинкера с добавлением отходов переработки свинцового шлака	285
Серикбаева К.Т., Чалов Т.К., Садыков К.А. Сорбция рубидия из водных растворов анионитами ВЭМЭА–АГЭ–ПЭИ.....	299
Сейтказинова А.Р., Нажипкызы М., Елеуов М.А., Жапаров А.А., Калыбаева А.К. Пористый активированный углерод, полученный из апельсиновой кожуры.....	322
Самадун А.И., Таусарова Б.Р., Асракулова Д.И., Нурмуханбетова Д.Е. Биоразлагаемые упаковочные плёнки с наночастицами меди: влияние концентрации NaBH ₄ на морфологию и антигрибковые свойства	334
Хамитова Т.О., Тянах С., Болатбай А.Н., Ма Фэньюнь, Айтбекова Д.Е. Связь геологического генезиса с молекулярными и оптическими характеристиками гуминовых кислот из угольных отходов	351
Рыскалиева Д.К., Байбуланова А.А., Есенаманова М.С., Мустафина А.Ж., Самат А.С. Загрязнение атмосферы промышленного города сероводородом: потенциальная роль полей испарения (Атырау, Казахстан)	370
Талгатов Э.Т., Заманбекова А.Т., Абильмагжанов А.З., Ауезханова А.С., Ахметова С.Н. Полимер-модифицированные нанесённые катализаторы окисления циклогексана пероксидом водорода	389

© **Galymzhan A.¹, Kozhabekov S.¹, Kuanyshev A.¹, Sansyzbay N.²,
Abdrassilova A.^{1,3*}, 2026.**

¹Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan;

²NCOC, Atyrau, Kazakhstan;

³Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: albinabdrs@gmail.com

EFFECT OF OCTADECYL METHACRYLATE-MALEIC ANHYDRIDE COPOLYMER COMPOSITION ON CRUDE OIL RHEOLOGICAL PROPERTIES

Galymzhan Aknur — PhD candidate, Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan,
E-mail: aknurzg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3080-7206>;

Kozhabekov Serik — candidate of chemical Sciences, professor, Kazakh-British Technical University,
Almaty, Kazakhstan,

E-mail: s.kozhabekov@kbtu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7689-9089>;

Kuanyshev Albert — Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: hailrake1510@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3307-4753>;

Sansyzbay Nurkhan — Process Engineer, NCOC, Atyrau, Kazakhstan,

E-mail: nurkhansansyzbay@gmail.com, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0001-5563-9405>;

Abdrassilova Albina — PhD, leading researcher, Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: albinabdrs@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9560-6464>.

Abstract. Waxy crude oils are characterized by the deterioration of their rheological and low-temperature properties due to paraffin crystallization during cooling. This leads to increased viscosity, reduced flowability, and difficulties in safe transportation through industrial pipeline systems. Therefore, the development of effective polymeric pour point depressants and the establishment of relationships between their composition and functional properties are important tasks for the modern oil production industry. The aim of this study was to investigate the effect of the initial molar ratio of octadecyl methacrylate (ODMA) to maleic anhydride (MA) on the rheological properties of crude oil, determine the optimal composition, and evaluate the effect of subsequent chemical modification. ODMA-MA copolymers were synthesized by free-radical copolymerization using initial ODMA:MA monomer molar ratios of 1:1, 2:1, 3:1 and 4:1. The most effective copolymer was modified with octadecanol and octadecylamine. The obtained materials were characterized using Fourier-transform

infrared spectroscopy, size-exclusion chromatography, viscometry, and rheometry. The effects of the obtained copolymers on the rheological properties of waxy crude oil from the Akshabulak oilfield were evaluated at an additive concentration of 750 ppm. The OM-3 copolymer with an initial ODMA:MA molar ratio of 3:1 exhibited the highest efficiency, reducing the apparent viscosity of the crude oil at 10°C from 0.087 to 0.025 Pa·s. For OM-3-OD and OM-3-ODA, the corresponding values were 0.031 and 0.045 Pa·s, respectively. OM-3 and OM-3-ODA reduced the pour point of the crude oil from 9 to 3°C, while OM-3-OD reduced it to 6°C. The practical significance of this study lies in the potential use of the ODMA-MA copolymer with an initial ODMA:MA molar ratio of 3:1 as a promising basis for developing pour point depressants that improve the low-temperature flowability and transportation characteristics of waxy crude oils.

Keywords: waxy crude oil, pour point depressant, octadecyl methacrylate, maleic anhydride, rheological properties

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan AP32723795 Development of import-substituting multifunctional depressant-dispersant additives to improve the low-temperature properties of petroleum products.

For citations: Galymzhan A., Kozhabekov S., Kuanyshiev A., Sansyzbay N., Abdrassilova A. Effect of octadecyl methacrylate–maleic anhydride copolymer composition on crude oil rheological properties. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No. 3. — P. 78–94. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.388>.

© Ғалымжан А.З.¹, Кожабеков С.С.¹, Куанышев А.¹, Сансызбай Н.²,
Абдрасилова А.К.^{1,3*}, 2026.

¹Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан;

²NCOS, Атырау, Қазақстан;

³Жану проблемалары институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: albinabdrs@gmail.com

ОКТАДЕЦИЛМЕТАКРИЛАТ ПЕН МАЛЕИН АНГИДРИДІ СОПОЛИМЕРЛЕРІ ҚҰРАМЫНЫҢ МҰНАЙДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Ғалымжан Ақнұр — PhD докторант, Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: aknurzg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3080-7206>;

Кожабеков Серик — химия ғылымдарының кандидаты, профессор, Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: s.kozhabekov@kbtu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7689-9089>;

Куанышев Альберт — магистрант, Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: hailrake1510@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3307-4753>;

Сансызбай Нұрхан — инженер-технолог, NCOC, Атырау, Қазақстан,

E-mail: nurkhansansyzbay@gmail.com, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0001-5563-9405>;

Абдрасилова Альбина — PhD, жетекші ғылыми қызметкер, Жану проблемалары институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: albinabdrs@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9560-6464>.

Аннотация. Жоғары парафинді мұнайлар салқындату кезінде парафиндердің кристалдануы салдарынан реологиялық және төмен температуралық қасиеттерінің нашарлауымен сипатталады. Бұл тұтқырлықтың артуына, аққыштықтың төмендеуіне және мұнайды өнеркәсіптік құбыр жүйелері арқылы қауіпсіз тасымалдаудың қиындауына әкеледі. Осыған байланысты тиімді полимерлік депрессорлық қоспаларды әзірлеу және олардың құрамы мен функционалдық қасиеттері арасындағы өзара байланысты анықтау қазіргі мұнай өндірісінің өзекті міндеттерінің бірі болып табылады. Зерттеудің мақсаты — октадецилметакрилаттың (ОДМА) малеин ангидридіне (МА) бастапқы мольдік қатынасының мұнайдың реологиялық қасиеттеріне әсерін зерттеу, оңтайлы сополимер құрамын анықтау және кейінгі химиялық модификацияның әсерін бағалау. ОДМА–МА сополимерлері мономерлердің бастапқы ОДМА:МА мольдік қатынастары 1:1, 2:1, 3:1 және 4:1 болған жағдайда радикалдық сополимерлеу әдісімен синтезделді. Ең тиімді сополимер октадеканол және октадециламинмен модификацияланды. Алынған материалдар Фурье-түрлендірілген инфрақызыл спектроскопия, эксклюзиялық хроматография, вискозиметрия және реометрия әдістерімен зерттелді. Синтезделген сополимерлердің Ақшабұлақ кен орнының жоғары парафинді мұнайының реологиялық қасиеттеріне әсері қоспаның 750 ppm концентрациясында бағаланды. Бастапқы ОДМА:МА мольдік қатынасы 3:1 болатын ОМ-3 сополимері ең жоғары тиімділік көрсетіп, 10 °C температурада мұнайдың көрінетін тұтқырлығын 0,087-ден 0,025 Па·с-қа дейін төмендетті. ОМ-3-ОД және ОМ-3-ОДА үшін бұл көрсеткіш тиісінше 0,031 және 0,045 Па·с болды. ОМ-3 және ОМ-3-ОДА мұнайдың қату температурасын 9-дан 3 °C-қа дейін, ал ОМ-3-ОД 6 °C-қа дейін төмендетті. Зерттеудің практикалық маңыздылығы ОДМА:МА бастапқы мольдік қатынасы 3:1 болатын ОДМА–МА сополимерін жоғары парафинді мұнайлардың төмен температурадағы аққыштығы мен тасымалдау қасиеттерін жақсартатын депрессорлық қоспаларды әзірлеудің перспективалы негізі ретінде пайдалану мүмкіндігімен анықталады.

Түйін сөздер: жоғары парафинді мұнай, депрессорлық қоспа, октадецилметакрилат, малеин ангидриді, реологиялық қасиеттер

© Галымжан А.¹, Кожобеков С.С.¹, А. Куанышев¹, Н. Сансызбай²,
Абдрасилова А.К.^{1,3*}, 2026.

¹Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан;

²NCOC, Атырау, Казахстан;

³Институт проблем горения, Алматы, Казахстан.

E-mail: albinabdrs@gmail.com

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СОПОЛИМЕРОВ ОКТАДЕЦИЛМЕТАКРИЛАТА И МАЛЕИНОВОГО АНГИДРИДА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТИ

Галымжан Акнур — PhD докторант, Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: aknurzg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3080-7206>;

Кожобеков Серик — кандидат химических наук, профессор, Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: s.kozhabekov@kbtu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7689-9089>;

Куанышев Альберт — магистрант, Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: hailrake1510@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3307-4753>;

Сансызбай Нурхан — инженер-технолог, NCOC, Атырау, Казахстан,

E-mail: nurkhansansyzbay@gmail.com, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0001-5563-9405>;

Абдрасилова Альбина — PhD, ведущий научный сотрудник, Институт проблем горения, Алматы, Казахстан,

E-mail: albinabdrs@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9560-6464>.

Аннотация. Высокопарафинистые нефти характеризуются ухудшением реологических и низкотемпературных свойств вследствие кристаллизации парафинов при охлаждении. Это приводит к повышению вязкости, снижению текучести и осложнению безопасной транспортировки нефти по промышленным трубопроводным системам. В связи с этим разработка эффективных полимерных депрессорных присадок и установление взаимосвязи между их составом и функциональными свойствами являются актуальными задачами современной нефтедобывающей отрасли. Цель исследования заключалась в изучении влияния исходного мольного соотношения октадецилметакрилата (ОДМА) и малеинового ангидрида (МА) на реологические свойства нефти, определении оптимального состава сополимера и оценке влияния его последующей химической модификации. Сополимеры ОДМА–МА синтезировали методом радикальной сополимеризации при исходных мольных соотношениях мономеров ОДМА:МА 1:1, 2:1, 3:1 и 4:1. Наиболее эффективный сополимер модифицировали октадеканолом и октадециламином. Полученные материалы исследовали методами ИК-Фурье-спектроскопии, эксклюзионной хроматографии, вискозиметрии и реометрии. Влияние полученных сополимеров на реологические свойства высокопарафинистой нефти месторождения Акшабулак оценивали при концентрации присадки 750 ppm. Соплимер с исходным мольным соотношением ОДМА:МА = 3:1 (ОМ-3) продемонстрировал наибольшую эффективность,

снизив кажущуюся вязкость нефти при 10 °С с 0,087 до 0,025 Па·с. Для ОМ-3-ОД и ОМ-3-ОДА соответствующие значения составили 0,031 и 0,045 Па·с. ОМ-3 и ОМ-3-ОДА снизили температуру застывания нефти с 9 до 3 °С, тогда как ОМ-3-ОД — до 6 °С. Практическая значимость работы заключается в возможности использования сополимера ОДМА–МА с исходным мольным соотношением ОДМА:МА = 3:1 в качестве перспективной основы для разработки депрессорных присадок, улучшающих низкотемпературную текучесть и транспортные характеристики высокопарафинистых нефтей.

Ключевые слова: высокопарафинистая нефть, депрессорная присадка, октадецилметакрилат, малеиновый ангидрид, реологические свойства

Введение. Высокопарафинистые нефти представляют собой сложные многокомпонентные дисперсные системы, транспортировка которых существенно осложняется при снижении температуры. При охлаждении ниже температуры начала кристаллизации растворенные в нефти *n*-парафины переходят в твердую фазу с образованием кристаллов, которые растут, агрегируют и формируют пространственную структуру, удерживающую жидкую углеводородную фазу. Это сопровождается повышением вязкости и постепенной потерей текучести нефти, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления, энергозатрат на транспортировку и риску остановки трубопроводов (Li et al., 2024). Низкотемпературные свойства высокопарафинистой нефти определяются не только общим содержанием парафинов, но и их молекулярно-массовым распределением, а также содержанием смол и асфальтенов (Adams et al., 2023).

Одним из наиболее эффективных способов улучшения низкотемпературных свойств нефти является применение депрессорных присадок. Полимерные депрессоры изменяют процессы зарождения, роста и агрегации парафиновых кристаллов, препятствуя формированию прочной пространственной структуры (Andrade and Negrão, 2025). Среди известных депрессоров особый интерес представляют полиалкил(мет)акрилаты, содержащие длинные алкильные заместители, способные к совместной кристаллизации с *n*-парафинами. Их эффективность определяется химическим строением, молекулярной массой и соотношением гидрофобных и полярных фрагментов (Zhou et al., 2015).

Перспективным направлением является использование сополимеров октадецилметакрилата (ОДМА) и малеинового ангидрида (МА). Длинные алкильные цепи ОДМА обеспечивают взаимодействие с парафиновыми кристаллами, тогда как ангидридные группы МА позволяют проводить последующую химическую модификацию полимера. Реакции этерификации и имидизации открывают возможность целенаправленного изменения химического строения и полярности макромолекулы, что может существенно повлиять на депрессорную эффективность. Однако влияние мольного соотношения ОДМА и МА, а также последующей модификации сополимеров длинноцепочечными спиртами и аминами изучено недостаточно.

Целью настоящей работы является исследование влияния исходного мольного

соотношения октадецилметакрилата и малеинового ангидрида на депрессорную эффективность сополимеров, выбор оптимального состава и изучение влияния последующей этерификации октадеканолам и имидизации октадециламином на низкотемпературные и реологические свойства высокопарафинистой нефти месторождения Акшабулак.

Литературный обзор. Полимерные депрессорные присадки изменяют процессы кристаллизации парафинов, влияя на размеры, форму и степень агрегации образующихся кристаллов. Длинные алкильные заместители способны совместно кристаллизоваться с *n*-парафинами, тогда как полярные функциональные группы адсорбируются на поверхности кристаллов и препятствуют их дальнейшему росту и объединению (Hu et al., 2023).

Наиболее распространенными полимерными депрессорами являются сополимеры этилена с винилацетатом, полиалкилакрилаты, полиалкилметакрилаты и функционализированные сополимеры малеинового ангидрида (Martins et al., 2025). Среди них полиоктадецил(мет)акрилаты привлекают особое внимание благодаря наличию боковых цепей C18, способных эффективно взаимодействовать с парафинами. Показано, что их эффективность зависит от молекулярной массы и химического состава полимера. Кроме того, введение полярных сомономеров позволяет регулировать депрессорные свойства. Так, сополимеры октадецилакрилата и метилбутенола обеспечивали максимальное снижение температуры застывания при определенном соотношении мономеров (Yang et al., 2025). Аналогичные результаты получены для сополимеров винилацетата и октадецилакрилата (Dutta et al., 2025).

Малеиновый ангидрид широко применяется в качестве полярного сомономера благодаря высокой реакционной способности ангидридной группы. Помимо влияния на свойства исходного сополимера, ангидридные группы могут быть химически модифицированы. Реакция со спиртами приводит к образованию сложноэфирных производных, тогда как взаимодействие с первичными аминами сопровождается образованием имидных структур. Такая модификация позволяет изменять химическое строение полимера и, как следствие, его взаимодействие с парафиновыми кристаллами. При синтезе сополимеров на основе алкилакрилатов и малеинового ангидрида показано, что состав сополимера оказывает существенное влияние на депрессорную эффективность (Wagh et al., 2025). Вместе с тем влияние последующей этерификации длинноцепочечными спиртами и имидизации длинноцепочечными аминами изучено недостаточно.

Эффективность депрессорных присадок обычно оценивают по изменению температуры застывания и вязкости нефти. Дополнительную информацию о механизме действия присадки дают реологические исследования, позволяющие оценить изменение структуры парафиновой сетки после обработки полимером (Shi et al., 2024; Xia et al., 2022). Кроме того, применение полимерных депрессоров способствует снижению массы и механической прочности парафиновых отложений (Wang et al., 2022).

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что влияние

мольного соотношения октадецилметакрилата и малеинового ангидрида на депрессорную эффективность изучено недостаточно. Практически отсутствуют сведения о влиянии последующей этерификации октадеканолом и имидизации октадециламином на свойства сополимеров ОДМА-МА. Поэтому в настоящей работе сначала определено оптимальное исходное мольное соотношение ОДМА и МА, после чего наиболее эффективный сополимер был модифицирован октадеканолом и октадециламином с последующей оценкой влияния полученных производных на свойства высокопарафинистой нефти месторождения Акшабулак.

Экспериментальная часть. Получение сополимеров ОДМА-МА

Сополимер ОДМА-МА синтезировали методом радикальной сополимеризации в растворе при различных исходных мольных соотношениях мономеров (ОДМА:МА = 1:1, 2:1, 3:1 и 4:1). Схема реакции представлена на рисунке 1.

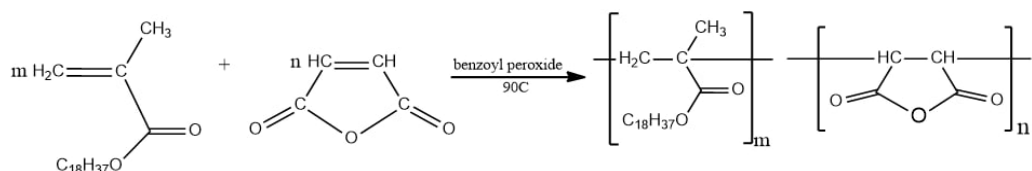
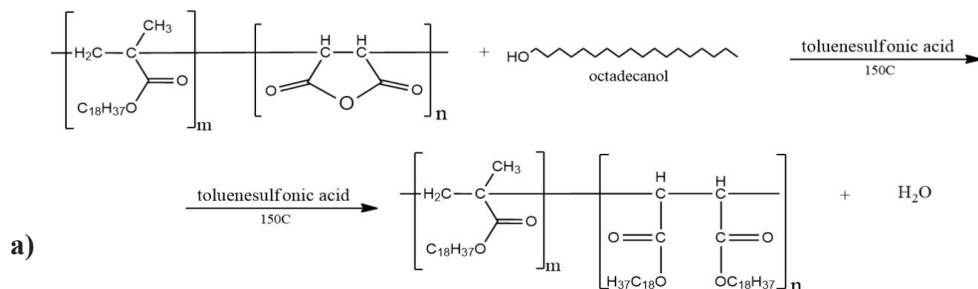


Рисунок 1 – Сополимеризация октадецилметакрилата с малеиновым ангидридом

Синтез проводили в четырехгорлой круглодонной колбе объемом 100 мл, снабженной механической мешалкой, обратным холодильником, термометром и системой подачи азота. Реакционную смесь, содержащую мономеры и 13 мл толуола, нагревали при непрерывной продувке сухим азотом в течение 30 мин. После достижения температуры 80°C в реакционную систему вводили пероксид бензоила (1 мас. %), предварительно растворенный в 6 мл толуола, равными порциями через каждые 30 мин в течение первых 2 ч. Сополимеризацию проводили при 90°C в течение 6 ч. Полученный сополимер очищали повторным осаждением в этаноле и высушивали под вакуумом при 50°C. Образцы с исходным мольным соотношением ОДМА:МА 1:1, 2:1, 3:1 и 4:1 обозначили как ОМ-1, ОМ-2, ОМ-3 и ОМ-4 соответственно.

Модификация сополимеров ОДМА-МА

Модификацию осуществляли реакциями этерификации с октадеканолом (ОД) и имидизации с октадециламином (ОДА) (рисунок 2).



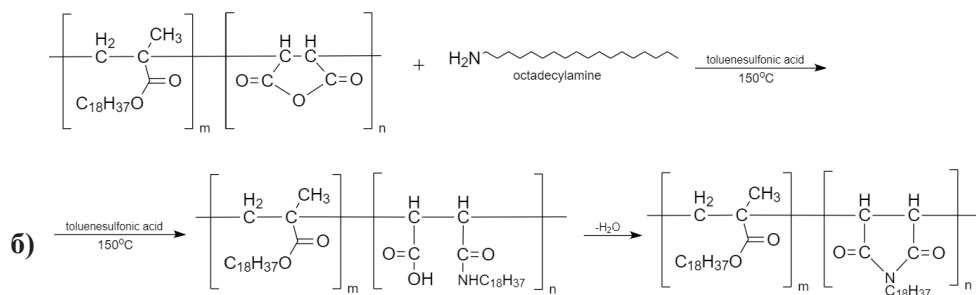


Рисунок 2 – Уравнение модификации сополимера с октадеканолом (а) и октадециламином (б).

Реакцию проводили в 100 мл круглодонной колбе, оснащенной насадкой Дина-Старка для контроля количества выделяющейся воды. В реакционную смесь добавляли п-толуолсульфокислоту (1 мас. %), растворенную в ксилоле, после чего температуру постепенно повышали до 150°C. Реакцию продолжали в течение 8 ч. Полученные модифицированные сополимеры очищали повторным осаждением в этаноле и сушили под вакуумом при 50°C.

Физико-химические характеристики образцов. ИК-Фурье-спектроскопические исследования проводили на спектрометре Nicolet 5700 в диапазоне волновых чисел 400–4000 см⁻¹. Молекулярную массу полимеров определяли методом эксклюзионной хроматографии (SEC) на приборе PSS SECcurity² GPC/SEC с использованием тетрагидрофурана в качестве элюента. Характеристическую вязкость определяли методом Хаггинса путем экстраполяции зависимости приведенной вязкости $\eta_{\text{уд}}/C$ к нулевой концентрации полимера. Кажущуюся вязкость образцов нефти измеряли на ротационном реометре Anton Paar RheolabQC (Австрия) с использованием программного обеспечения RheoPlus и измерительной системы DGR-42. Перед проведением измерений образцы исходной нефти и нефти с присадкой термообработывали при 60°C в течение 30 мин, перемешивая каждые 5 мин. Затем их охлаждали до 30°C и переносили в измерительную систему реометра. Измерения проводили при постоянной скорости сдвига 10 с⁻¹ и скорости охлаждения 25°C/ч. Температуру застывания образцов нефти определяли в соответствии со стандартом ASTM D5853. Температурный режим поддерживали с помощью термостата LAUDA ECO RE 200.

Результаты. Основные характеристики синтезированных сополимеров представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры синтезированных сополимеров

Образец	Выход, %	M _w , г/моль	M _n , г/моль	D
ОМ-1	87	85 874	32 901	2.61
ОМ-2	89	96 397	22 735	4.24
ОМ-3	91	87 262	28 164	3.09
ОМ-4	92	79 973	34 323	2.33
ОМ-3-ОД	77	91 697	30 021	3.05
ОМ-3-ОДА	82	83 290	29 172	2.86

Как видно из таблицы 1, выход синтезированных сополимеров составил 77-92%, что свидетельствует о высокой эффективности процесса полимеризации. Для исследованных образцов значения средневесовой молекулярной массы (M_w) находились в диапазоне от 79 973- 96 397 г·моль⁻¹, а среднечисловой молекулярной массы (M_n) от 22 735 до 34 323 г·моль⁻¹. Индекс полидисперсности (D) составил 2,33-4,24, что свидетельствует о различной ширине молекулярно-массового распределения синтезированных сополимеров. Полученные данные показывают, что изменение исходного мольного соотношения мономеров в реакционной смеси и последующая химическая модификация сопровождаются изменением молекулярно-массовых характеристик синтезированных сополимеров.

На рисунке 3 представлены ИК-спектры сополимеров ОДМА-МА, синтезированных при различных исходных мольных соотношениях мономеров.

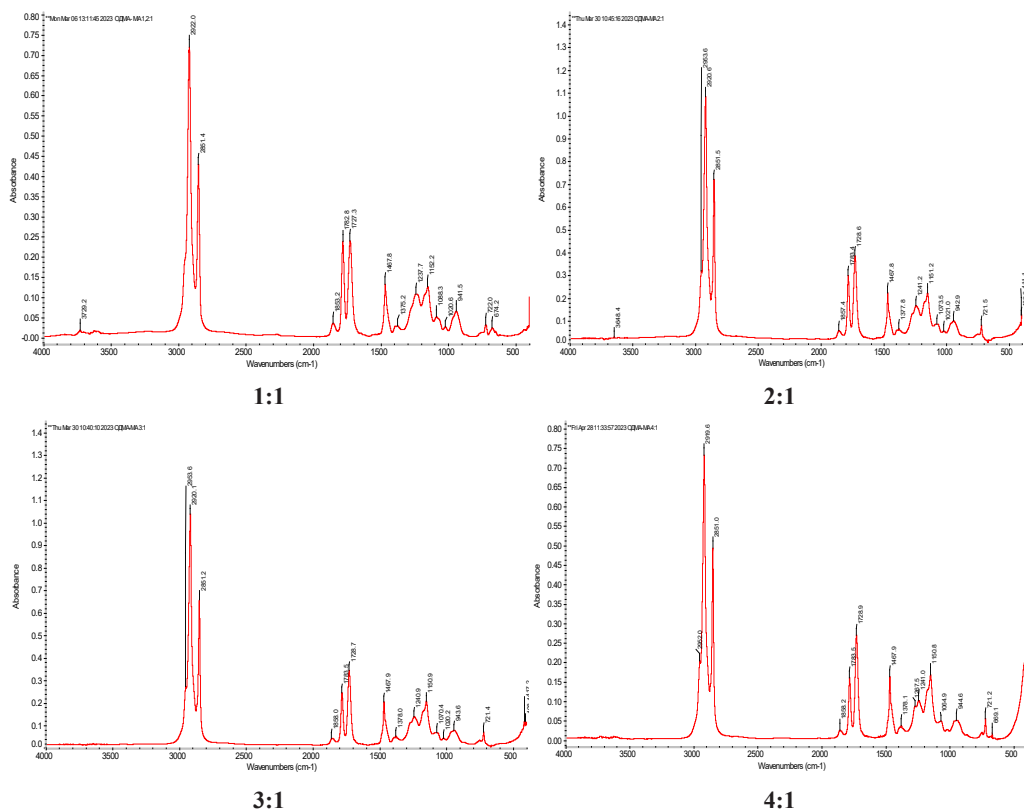


Рисунок 3 – ИК-спектры сополимеров при различных исходных мольных соотношениях ОДМА-МА.

Как видно из рисунка 3, ИК-спектры сополимеров с различными исходными мольными соотношениями ОДМА и МА имеют сходный характер. Во всех спектрах наблюдаются полосы поглощения при 2921 и 2851 см⁻¹, соответствующие

валентным колебаниям С–Н связей метильных и метиленовых групп. Полосы при 1857 и 1783 см^{-1} относятся к валентным колебаниям карбонильных групп малеинового ангидрида, а полоса при 1728 см^{-1} соответствует валентным колебаниям С=О-связей сложноэфирных групп ОДМА. Полосы при 1468 и 1377 см^{-1} обусловлены деформационными колебаниями С–Н-связей алкильных групп. Полосы при 1241 и 1151 см^{-1} относятся к колебаниям С–О-связей сложноэфирных фрагментов. Наличие указанных полос во всех исследованных образцах подтверждает образование сополимеров ОДМА-МА.

Для определения характеристической вязкости синтезированных сополимеров ОДМА-МА использовали вискозиметрический метод. Значение характеристической вязкости определяли методом экстраполяции зависимости приведенной вязкости к нулевой концентрации (рисунок 4).

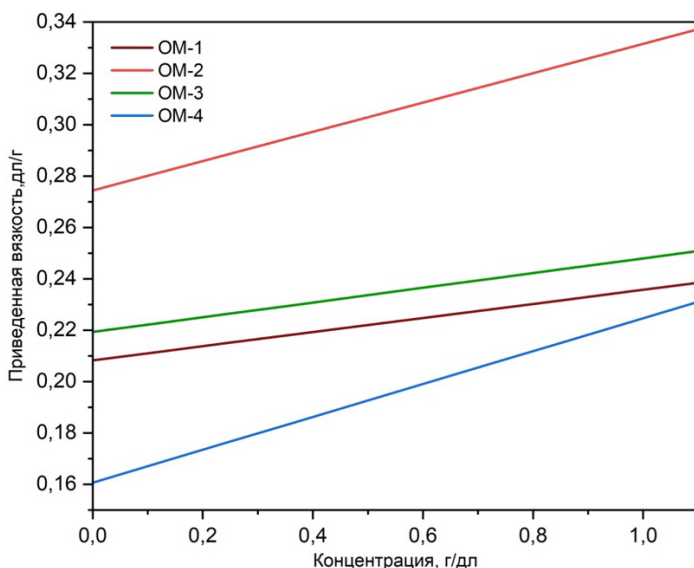


Рисунок 4 – Зависимость приведенной вязкости от концентрации сополимеров ОДМА-МА при различных исходных мольных соотношениях мономеров.

На рисунке 4 представлены зависимости приведенной вязкости от концентрации для сополимеров ОДМА-МА, синтезированных при различных исходных мольных соотношениях мономеров. Наибольшее значение характеристической вязкости, равное 0,2744 дл/г, установлено для сополимера ОМ-2, который также характеризовался наибольшей средневесовой молекулярной массой $M_w = 96\,397$ г/моль. Для сополимера ОМ-3 характеристическая вязкость составила 0,2193 дл/г при $M_w = 87\,262$ г/моль.

Депрессорную эффективность синтезированных сополимеров оценивали методом реологического анализа нефти месторождения Акшабулак при концентрации присадок 750 ppm. Полученные результаты представлены на рисунке 5.

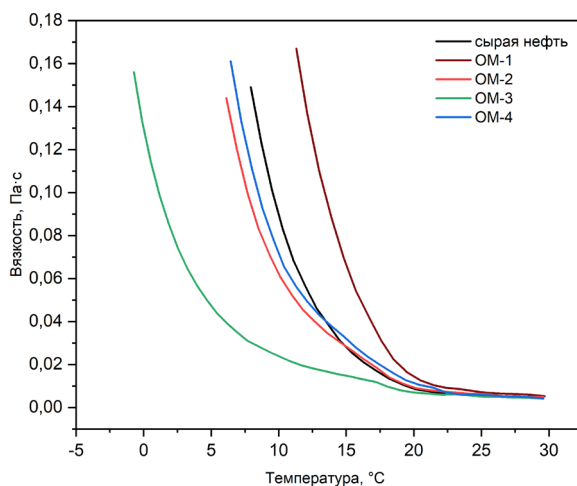


Рисунок 5 – Влияние исходного мольного соотношения мономеров ОДМА и МА на реологические свойства нефти месторождения Акшабулак.

На рисунке 5 представлены зависимости кажущейся вязкости нефти месторождения Акшабулак от температуры в присутствии депрессорных присадок на основе сополимеров ОМ-1, ОМ-2, ОМ-3 и ОМ-4. Наиболее выраженное снижение наблюдается для образца ОМ-3, который обеспечивает минимальные значения вязкости во всем исследованном диапазоне температур. По эффективности снижения кажущейся вязкости исследованные присадки располагаются в следующем порядке: ОМ-3 > ОМ-2 > ОМ-4 > ОМ-1. На основании полученных результатов ОМ-3 был выбран для дальнейшей химической модификации октадециламином и октадеканолом.

ИК-спектры модифицированных сополимеров представлены на рисунке 6.

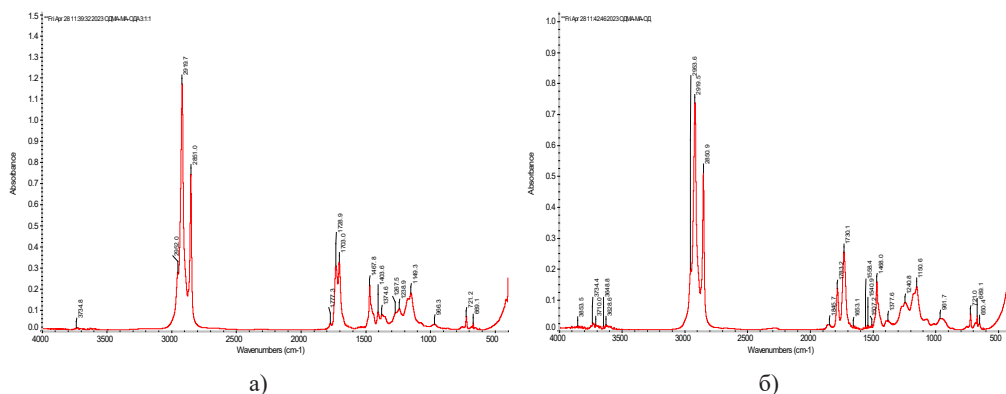


Рисунок 6 – ИК-спектры сополимера ОДМА-МА (3:1) после модификации ОДА (а) и ОД (б).

В спектрах обоих модифицированных сополимеров наблюдаются характерные полосы поглощения при 2919 и 2851 см^{-1} , соответствующие валентным колебаниям С-Н связей метильных и метиленовых групп. Полоса при 1730 см^{-1} относится к валентным колебаниям карбонильной группы сложноэфирных фрагментов, а полоса около 1703 см^{-1} соответствует колебаниям карбонильной группы имидного фрагмента. Полосы при 1468 и 1377 см^{-1} относятся к деформационным колебаниям С-Н связей алкильных групп. Полоса при 1403 см^{-1} соответствует колебаниям связи С-N, а полосы при 1241 и 1151 см^{-1} относятся к колебаниям связи С-О. Для ОМ-3-ОДА наблюдается полоса около 1703 см^{-1} , тогда как в спектре ОМ-3-ОД сохраняются полосы в области $1780\text{--}1850\text{ см}^{-1}$.

На рисунке 7 представлены зависимости приведенной вязкости от концентрации для исходного сополимера ОМ-3 и его модифицированных производных.

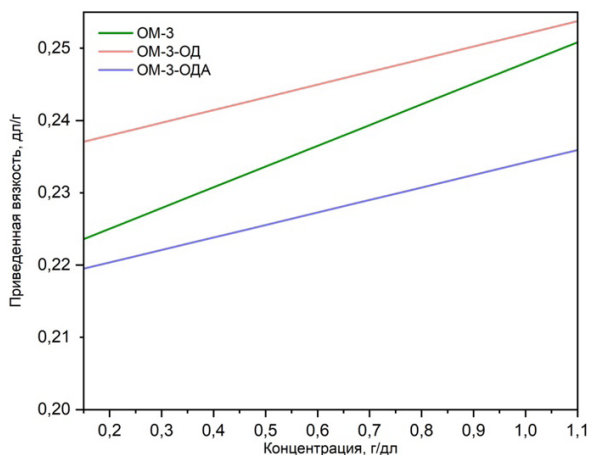


Рисунок 7 – Зависимость приведенной вязкости от концентрации ОМ-3 и его модифицированных производных ОМ-3-ОД и ОМ-3-ОДА.

После модификации октадеканолом характеристическая вязкость увеличилась с $0,2193$ до $0,2344$ дл/г. После модификации октадециламином ее значение составило $0,2169$ дл/г. Таким образом, для ОМ-3-ОД наблюдалось увеличение характеристической вязкости относительно исходного ОМ-3, тогда как для ОМ-3-ОДА отмечено ее незначительное снижение.

Влияние химической модификации на депрессорную эффективность оценивали по реологическим свойствам нефти месторождения Акшабулак в присутствии сополимеров ОМ-3, ОМ-3-ОД и ОМ-3-ОДА при концентрации 750 ppm . Результаты представлены на рисунке 8.

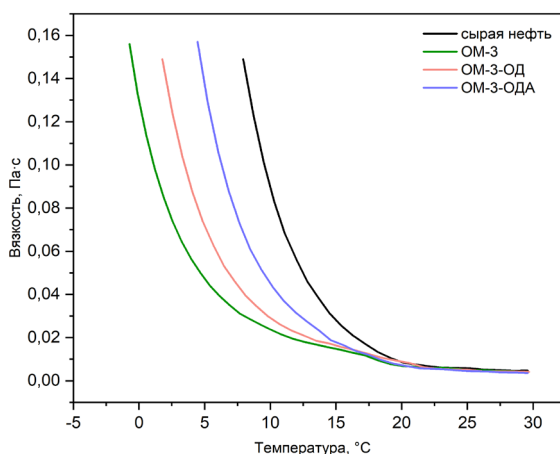


Рисунок 8 – Влияние ОМ-3 и его модифицированных производных на температурную зависимость кажущейся вязкости нефти месторождения Акшабулак.

Все исследованные сополимеры при концентрации 750 ppm снижают кажущуюся вязкость нефти по сравнению с исходным образцом. При температуре 10°C кажущаяся вязкость исходной нефти составляет около 0,087 Па·с. При введении ОМ-3, ОМ-3-ОД и ОМ-3-ОДА она снижается до 0,025, 0,031 и 0,045 Па·с соответственно. С повышением температуры вязкость всех образцов уменьшается, а различия между ними становятся менее выраженными. Наименьшие значения вязкости во всем исследованном диапазоне температур обеспечивает исходный сополимер ОМ-3. Среди модифицированных сополимеров более низкие значения вязкости получены для ОМ-3-ОД по сравнению с ОМ-3-ОДА.

Для оценки влияния исследуемых сополимеров на низкотемпературные свойства нефти месторождения Акшабулак определяли температуру ее застывания при концентрации присадок 750 ppm. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние сополимеров на температуру застывания нефти Акшабулак

Образец	Дозировка присадки, ppm	Температура застывания, °C	Снижение температуры застывания, °C
Нефть месторождения Акшабулак	-	9	-
ОМ-3	750	3	6
ОМ-3-ОД		6	3
ОМ-3-ОДА		3	6

Температура застывания исходной нефти составляет 9°C. Сополимеры ОМ-3 и ОМ-3-ОДА снижают температуру застывания до 3°C, обеспечивая ее снижение на 6°C. Сополимер ОМ-3-ОД снижает температуру застывания до 6°C, что соответствует снижению на 3°C. Таким образом, среди модифицированных образцов ОМ-3-ОДА обеспечивает более выраженное снижение температуры застывания по сравнению с ОМ-3-ОД.

Обсуждение. Полученные результаты показывают, что исходное мольное соотношение ОДМА и МА оказывает существенное влияние реологические свойства нефти в присутствии синтезированных сополимеров. При этом различия в эффективности не связаны с образованием принципиально различных функциональных групп, поскольку ИК-спектры сополимеров с различными исходными мольными соотношениями мономеров имеют сходный характер. Характерные полосы ангидридных, карбонильных и алкильных групп присутствуют во всех исследованных образцах, что подтверждает образование сополимеров ОДМА-МА и сохранение их основного химического строения при изменении исходного мольного соотношения мономеров в реакционной смеси. Эти спектральные характеристики согласуются с данными, приведенными для полимеров, содержащих малеиновый ангидрид (Nasirtabrizi et al., 2013; Varga, 2023).

Значения характеристической вязкости в целом согласуются с молекулярно-массовыми характеристиками исследуемых сополимеров. Наибольшая характеристическая вязкость установлена для ОМ-2, который также имеет максимальное значение молекулярной массы. Это соответствует общей зависимости характеристической вязкости от молекулярной массы и гидродинамического объема макромолекул в растворе. Вместе с тем максимальная молекулярная масса и характеристическая вязкость не обеспечили максимальную депрессорную эффективность, поскольку наибольшее снижение вязкости нефти наблюдалось для ОМ-3. Это указывает на то, что эффективность исследуемых сополимеров определяется не только их молекулярно-массовыми характеристиками, но и соотношением функциональных фрагментов макромолекулы.

Наибольшая эффективность ОМ-3 указывает на оптимальность исходного мольного соотношения ОДМА и МА. Депрессорное действие сополимеров может быть связано с их гребнеобразным строением. Длинные алкильные заместители ОДМА способны участвовать в совместной кристаллизации с *n*-парафинами, изменяя рост и объединение парафиновых кристаллов, тогда как полярные звенья могут препятствовать их дальнейшей агрегации. В результате ослабляется формирование пространственной парафиновой структуры, что способствует снижению вязкости нефти (Ansari et al., 2022; Li et al., 2024). Аналогичная зависимость эффективности от состава сополимера отмечена в литературе. Для сополимера октадецилакрилата с метилбутенолом наилучшие показатели были получены при мольном соотношении 3:1 (Yang et al., 2025), тогда как для сополимеров октадецилакрилата со стиролом максимальная эффективность наблюдалась при соотношении 3:2 (Fu et al., 2020). Следовательно, увеличение доли длинноцепочечного мономера само по себе не приводит к последовательному повышению депрессорной эффективности, а оптимальный состав определяется природой и соотношением обоих звеньев. Более низкая эффективность ОМ-1 может быть связана с недостаточной долей длинных алкильных заместителей, тогда как в ОМ-4 уменьшение содержания звеньев МА, вероятно, нарушает оптимальный баланс компонентов сополимера.

Химическая модификация ОМ-3 октадеканолом и октадециламином привела к изменениям ИК спектров, характерным для образования соответствующих функциональных производных. Появление полосы около 1703 см^{-1} в спектре ОМ-3-ОДА может быть связано с образованием имидных структур, тогда как сохранение полос в области $1780\text{--}1850\text{ см}^{-1}$ в спектре ОМ-3-ОД указывает на наличие непрореагировавших ангидридных групп (Jin et al., 2019; Shin and Koenig, 2002). Эти изменения подтверждают протекание реакций химической модификации исходного сополимера.

Модификация также повлияла на характеристическую вязкость сополимеров. Ее увеличение для ОМ-3-ОД по сравнению с исходным ОМ-3 может быть связано с образованием сложноэфирных групп и изменением гидродинамического объема макромолекул в растворе. В случае ОМ-3-ОДА наблюдалось небольшое снижение характеристической вязкости, что может быть обусловлено образованием имидных групп и изменением пространственной конформации макромолекул. Таким образом, природа функциональных групп, образующихся при модификации, влияет на пространственные характеристики синтезированных сополимеров.

Несмотря на успешную химическую модификацию ОМ-3, исходный сополимер продемонстрировал наиболее выраженное снижение кажущейся вязкости нефти. При $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ОМ-3 снизил ее до $0,025\text{ Па}\cdot\text{с}$, тогда как значения для ОМ-3-ОД и ОМ-3-ОДА составили $0,031$ и $0,045\text{ Па}\cdot\text{с}$ соответственно. Это может быть связано с сохранением в ОМ-3 оптимального соотношения гидрофобных и полярных фрагментов, обеспечивающего эффективное взаимодействие с парафиновыми кристаллами и препятствующего их росту и агрегации. Данное предположение согласуется с литературными данными, согласно которым депрессорная эффективность сополимеров на основе малеинового ангидрида определяется их химическим составом и балансом гидрофобных и полярных фрагментов (Wu et al., 2012).

Среди модифицированных образцов ОМ-3-ОД оказался эффективнее ОМ-3-ОДА по снижению кажущейся вязкости. Это различие может быть обусловлено изменением баланса полярных и гидрофобных фрагментов после модификации октадеканолом. В случае ОМ-3-ОДА образование имидных функциональных групп изменяет полярность и структуру сополимера, что может влиять на характер его взаимодействия с парафиновыми компонентами нефти. Влияние химической модификации сополимеров малеинового ангидрида на их депрессорную эффективность также отмечалось ранее (Cao et al., 2015).

При этом результаты определения температуры застывания демонстрируют несколько иную зависимость. ОМ-3-ОДА снижает температуру застывания исходной нефти с 9 до 3°C и по этому показателю превосходит ОМ-3-ОД, который снижает ее только до 6°C . Таким образом, модификация октадециламином оказалась более эффективной в отношении снижения температуры застывания, тогда как модификация октадеканолом обеспечила более выраженное снижение кажущейся вязкости среди модифицированных образцов. Это показывает,

что влияние химической модификации на депрессорные свойства не является однозначным и зависит от оцениваемого параметра. В целом полученные результаты свидетельствуют о том, что для улучшения реологических свойств нефти необходимо учитывать наличие длинноцепочечных и полярных фрагментов, а также условия получения и последующей химической модификации сополимера.

Заключение. В настоящей работе сополимеры ОДМА-МА были успешно синтезированы при различных исходных мольных соотношениях мономеров и охарактеризованы с использованием ИК-Фурье-спектроскопии, вискозиметрии и реологических исследований. ИК-спектроскопический анализ подтвердил образование сополимеров, а также успешное протекание реакций этерификации октадеканолом и имидизации октадециламином, сопровождавшихся превращением ангидридных групп в соответствующие функциональные производные. Реологические исследования показали, что исходное мольное соотношение мономеров оказывает существенное влияние на депрессорную эффективность полученных материалов. Наиболее высокие показатели продемонстрировал сополимер с исходным мольным соотношением ОДМА:МА = 3:1, обеспечивший максимальное снижение вязкости нефти. Установлено, что химическая модификация влияет на характеристическую вязкость и депрессорные свойства сополимеров. ОМ-3-ОД обеспечивал более выраженное снижение кажущейся вязкости, тогда как ОМ-3-ОДА демонстрировал более значительное снижение температуры застывания нефти. Полученные результаты показывают, что оптимизация исходного мольного соотношения ОДМА и МА является ключевым фактором, определяющим реологическую эффективность исследованных сополимеров, тогда как последующая химическая модификация по-разному влияет на вязкость и температуру застывания нефти. Синтезированный сополимер ОДМА-МА с исходным мольным соотношением 3:1 может рассматриваться как перспективная основа для разработки эффективных полимерных депрессоров, предназначенных для повышения текучести и улучшения транспортных характеристик высокопарафинистых нефтей.

References

- Adams J.J., Tort F., Loveridge J., Bolton N., Forney J. (2023) Physicochemical approach to pour point depressant treatment of waxy crudes. *Energy & Fuels*, 37(9):6432-6449. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.2c04166 (in Eng.).
- Andrade D.E.V., Negrão C.O.R. (2025) Rheology of waxy oils: A critical review. *Applications in Engineering Science*, 21:100202. DOI: 10.1016/j.apples.2024.100202 (in Eng.).
- Ansari F., Shinde S.B., Paso K.G., Sjöblom J., Kumar L. (2022) Chemical additives as flow improvers for waxy crude oil and model oil: A critical review analyzing structure-efficacy relationships. *Energy & Fuels*, 36(7):3372-3393. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.1c03747 (in Eng.).
- Cao K., Zhu Q.J., Wei X.X., Yao Z. (2015) Study on the influence of the imidization degree of poly (styrene-co-octadecyl maleimide) as a flow improver in waxy crude oils with asphaltenes. *Energy & Fuels*, 29(2):993-1000. DOI: 10.1021/ef501281u (in Eng.).
- Dutta P.P., Dutta R., Saikia P.J. (2025) Influence of poly (octadecyl methacrylate-co-vinyl acetate) as flow modifier on waxy crude and its rheological and morphological study. *Fuel*, 398:135494. DOI: 10.1016/j.fuel.2025.135494 (in Eng.).

Fu X., Zhu L., He B., Zhu L. (2020) Influence of monomer ratio on the performance of poly (octadecyl acrylate-co-styrene) as pour-point depressants. *Energy & Fuels*, 34(6):6791-6798. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.0c00174 (in Eng.).

Hu J., Pu X., Fang S., Qian J., Zhao K., Han X., Ye L., Liu P., Liu Z., Liu J. (2023) Continuous addition terpolymerization of maleic anhydride, octadecyl acrylate, and docosyl acrylate: Experimenting the terpolymers as pour point depressants for waxy crude oils. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 62(19):7352-7364. DOI: 10.1021/acs.iecr.2c04628 (in Eng.).

Jin Z., Du L., Zhang C., Sugiyama Y., Wang W., Palui G., Wang S., Mattoussi H. (2019) Modification of poly (maleic anhydride)-based polymers with H₂N-R nucleophiles: Addition or substitution reaction? *Bioconjugate Chemistry*, 30(3):871-880. DOI: 10.1021/acs.bioconjchem.9b00008 (in Eng.).

Li B., Guo Z., Du M., Han D., Han J., Zheng L., Yang C. (2024) Research status and outlook of mechanism, characterization, performance evaluation, and type of pour point depressants in waxy crude oil: A review. *Energy & Fuels*, 38(9):7480-7509. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.3c04555 (in Eng.).

Martins M.F., de Sousa I.V.J.B., da Silva V.A.M.C., Severo P.V.R., Alves B.F., Nunes R.C.P., Alvares D.R.S., Lucas E.F. (2025) Modifying commercial poly (ethylene-vinyl acetate) to improve its performance as a pour point depressant: A study in waxy model oils at different concentrations. *ACS Omega*, 10(37):42392-42402. DOI: 10.1021/acsomega.5c03230 (in Eng.).

Nasirtabrizi M.H., Ziaei Z.M., Jadid A.P., Fatin L.Z. (2013) Synthesis and chemical modification of maleic anhydride copolymers with phthalimide groups. *International Journal of Industrial Chemistry*, 4(1):11. DOI: 10.1186/2228-5547-4-11 (in Eng.).

Shi L., Yang F., Li C., Sun G., Wang Y., Yao B., Ma R. (2024) Morphology of wax crystals affects the rheological properties and thermal conductivity of waxy oils. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 63(36):15683-15695. DOI: 10.1021/acs.iecr.4c02248 (in Eng.).

Shin E.M., Koenig J.L. (2002) Study of the interfacial reaction of styrene/maleic anhydride copolymer and (amine)-terminated butadiene-acrylonitrile copolymer using FTIR imaging techniques. *The Journal of Adhesion*, 78(10):877-894. DOI: 10.1080/00218460214098 (in Eng.).

Varga C. (2023) FT-IR measurement as a simple tool for following formation of acidic functional groups in maleic anhydride containing polymers. *MethodsX*, 11:102453. DOI: 10.1016/j.mex.2023.102453 (in Eng.).

Wagh S.G., Dahiya K., Katariya S.S., Soni H.P. (2025) Maleic anhydride-based polymeric pour point depressants for crude oils: Select the right additive to save energy. *ChemistrySelect*, 10(5): e202404604. DOI: 10.1002/slct.202404604 (in Eng.).

Wang C., Chen H., Shi H., Ma K., Ma Q., Gong J. (2022) Role of a nanocomposite pour point depressant on wax deposition in different flow patterns from the perspective of crystallization kinetics. *ACS Omega*, 7(13):11200-11207. DOI: 10.1021/acsomega.2c00068 (in Eng.).

Wu Y., Ni G., Yang F., Li C., Dong G. (2012) Modified maleic anhydride co-polymers as pour-point depressants and their effects on waxy crude oil rheology. *Energy & Fuels*, 26(2):995-1001. DOI: 10.1021/ef201444b (in Eng.).

Xia X., Li C., Dai S., Duan Z., Lian W., Yao B., Sun G., Yang F. (2022) Modification effect of macroporous comb-like polymeric pour point depressants on the flow behavior of model waxy oils. *Fuel*, 314:123113. DOI: 10.1016/j.fuel.2021.123113 (in Eng.).

Yang Y., Chen H., Sun Z., Bai M., Jing G., Liu Y., Liu X. (2025) Preparation and evaluation of poly (octadecyl acrylate-methylbutenol) as a pour point depressant for waxy oil. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 168:105938. DOI: 10.1016/j.jtice.2024.105938 (in Eng.).

Zhou M., He Y., Chen Y., Yang Y., Lin H., Han S. (2015) Synthesis and evaluation of terpolymers consist of methacrylates with maleic anhydride and methacrylic morpholine and their amine compound as pour point depressants in diesel fuels. *Energy & Fuels*, 29(9):5618-5624. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.5b01072 (in Eng.).

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty)**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

www.nauka-nanrk.kz

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)

*Managing Editor: A.Shormakova
Editors: D.S. Alenov, T. Apendiev
Computer layout: G.D. Zhadyranova*

Signed for print: September 23, 2026

Format: 70×90 1/16. 24.0 printed sheets. Order No. 3