

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2024 • 1



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ
HALYK
CHARITY FOUNDATION

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»
ЧФ «ХАЛЫҚ»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

РАМАЗАНОВ Тілекқабил Сәбитұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Хамдар университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

МАЛЫМ Анна, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 1

ТИГИНИЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), Н = 42

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

QUEVEDO Hernando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖУСНОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), Н = 5

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 5

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № КЗ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендрович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

АБНЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

ЦЕЛЕТКИН Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), Н = 26

МАЛЬМ Анна, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), Н = 42

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 10

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), Н = 5

ТАКИБАЕВ Нургали Жаббаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстано-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), Н = 10

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы). Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219; тел. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

EDITOR IN CHIEF:

BENBERIN Valery Vasilievich, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

EDITORIAL BOARD:

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

RAMANKULOVA Erlan Mirkhaidarovich, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

SANG-SOO Kwak, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

ABIYEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), H = 14

LOKSHIN Vyacheslav Notanovich, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

SEMENOV Vladimir Grigorievich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

MALM Anna, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), H = 42

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), H = 28

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 7

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), H = 5

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 5

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (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 No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 1. Number 349 (2024), 167–185

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.264>

UDC 31.25.19:615.453

© **A. Kappasuly**^{1,2}, **D. Makhayeva**^{1*}, **Zh. Kozhantayeva**¹, **G. Irmukhametova**¹,
2024

¹ al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²Scientific and Production Center of Environmental and Industrial Biotechnology,
Astana, Kazakhstan.

E-mail: danelya.1993@gmail.com

PREPARATION OF METHACRYLATED ALGINIC ACID FOR THE DEVELOPMENT OF OPHTHALMOLOGICAL DRUG DELIVERY SYSTEMS

A. Kappasuly — Master of Engineering Science, junior researcher, Scientific and Production Center of Environmental and Industrial Biotechnology, Astana, Kazakhstan

E-mail: kappasuly@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-6205-7721>;

D. Makhayeva — PhD, senior researcher, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: danelya.1993@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1250-9587>;

Zh. Kozhantayeva — student in the doctor's program at the al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: k.j.e.94_zk@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-0830-0162>;

G. Irmukhametova — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail galiya.irm@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1264-7974>.

Abstract. In recent years, there has been a growing interest among researchers in developing mucoadhesive dosage forms utilizing natural polymers due to their biocompatibility, biodegradability, and non-toxic nature. Polymer hydrogels, particularly, are gaining traction in ocular therapy for enhancing drug delivery efficiency and safeguarding the cornea from damage. These systems must possess mucoadhesive properties to adhere to the eye's mucous membrane effectively. This study focuses on creating a prototype of eye drops utilizing a modified natural polymer, alginic acid, and exploring its main physicochemical characteristics and potential practical applications in ophthalmology. The chemical modification of alginic acid with glycidylmethacrylate was undertaken, and spectroscopic analyses, including IR and NMR spectroscopy, revealed signals indicative of the glycidylmethacrylate double bond within the methacrylated alginic acid, with no signals associated with the epoxy group. The physicochemical properties of polymer solutions were assessed using UV-spectroscopy and viscometry. It was observed that the viscosity of methacrylated alginic acid increases with higher

concentrations of glycidylmethacrylate in the initial mixture and decreasing temperature, with an optimal effective polymer solution concentration determined to be 1 w.%. Furthermore, prototypes of dosage forms in the form of eye drops were successfully developed for the first time using the synthesized polymers. Their mucoadhesive properties were evaluated through in vitro studies on the cornea and eyelids of sheep eyes. This comprehensive approach provides insights into the potential application of modified natural polymers, such as methacrylated alginate, in ophthalmic formulations, highlighting their suitability for ocular drug delivery systems with enhanced mucoadhesive properties.

Keywords: alginate, glycidylmethacrylate, chemical modification, mucoadhesion, ophthalmic dosage forms

© Ә. Қаппасұлы^{1,2}, Д. Махаева^{1*}, Ж. Қожантаева¹, Ғ. Ирмухаметова¹, 2024

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Экологиялық және өндірістік биотехнология ғылыми-өндірістік орталығы, Астана, Қазақстан.

E-mail: danelya.1993@gmail.com

ДӘРІЛІК ЗАТТАРДЫ ЖЕТКІЗУДІҢ ОФТАЛЬМОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ӘЗІРЛЕУ ҮШІН МЕТАКРИЛДЕНГЕН АЛЬГИН ҚЫШҚЫЛЫН АЛУ

Қаппасұлы Ә. — Техника ғылымдарының магистрі, кіші ғылыми қызметкер, Экологиялық және өндірістік биотехнология ғылыми-өндірістік орталығы, Астана, Қазақстан

E-mail: kappasuly@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-6205-7721>;

Махаева Д.Н. — PhD, аға ғылыми қызметкер, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: danelya.1993@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1250-9587>;

Қожантаева Ж. — әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті докторанты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: k.j.e.94_zk@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-0830-0162>;

Ирмухаметова Ғ.С. — х. ғ. к., қауымдастырылған профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: galiya.irm@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1264-7974>.

Аннотация. Зерттеушілерді табиғи полимерлер негізіндегі шырышты адгезиялық дәрілік формаларды жасау бағыты көбірек қызықтыруда, өйткені олар биоүйлесімді, биологиялық ыдырайтын және улы емес. Осы қасиеттерінің арқасында биополимерлер офтальмологиялық дәрілік формалары ретінде жақсы қалыптасқан. Полимерлі гидрогельдер жеткізілетін препараттардың тиімділігін арттыру мақсатында және көз қабығын зақымданудан қорғау үшін көз терапиясында қолданылады. Сонымен қатар, мұндай жүйелер көздің шырышты қабатында ұзақ уақыт сақталу үшін шырышты жабысқақ қасиеттерге ие болуы керек. Шырышты қабықтың жоғары өткізгіштігі дәрілік формалардың басқа түрлерімен салыстырғанда шырышты адгезиялық дәрілік форманың

мүмкіндіктерін кеңейтеді. Бұл жұмыс модификацияланған табиғи полимер – альгин қышқылы негізінде көз тамшылары түріндегі дәрілік форманың прототипін жасауға, негізгі физика-химиялық сипаттамаларын анықтауға, сондай-ақ офтальмологияда алынған үлгілерді тәжірибеде қолданудың перспективалық аспектілерін анықтауға арналған. Зерттеудің негізгі физика-химиялық әдістері ретінде жұмыста гравиметрия, вискозиметрия, ¹H-ЯМР-спектроскопия, ИҚ-спектроскопия, УК-спектрофотометрия, дифференциалды-сканерлеу калориметриясы және *in vitro* ұстау қабілетін зерттеу қолданылады. ИҚ -, ЯМР спектроскопиясының нәтижелері бойынша метакрилденген альгин қышқылының спектрлерінде глицидилметакрилаттың қос байланыс сигналдары бар және эпоксидті топқа жататын сигналдар жоқ екендігі анықталды. УК-спектроскопия және вискозиметрия әдістері арқылы модифицирленген полимерлер ерітіндісінің физика-химиялық қасиеттері зерттелді. Бастапқы қоспадағы глицидилметакрилат концентрациясының жоғарылауымен және температураның төмендеуімен метакрилденген альгин қышқылы ерітінділерінің тұтқырлығы жоғарылайтыны анықталды. Модификацияланған үлгілердің оптикалық тығыздығын зерттеу нәтижелері бойынша, метакрилденген альгин қышқылы ерітінділерінің концентрациясы 1 масс.% дейін оңтайлы және мөлдір екені анықталды. Алғаш рет көз тамшылары түріндегі альгин қышқылының модификацияланған үлгілері негізінде дәрілік формалардың прототиптері алынды және олардың мукоадгезиялық қасиеттері *in vitro* ұстау қабілетін зерттеу әдісімен қой көзінің қабығы мен қабағына зерттеу жүргізіліп сыналды.

Түйін сөздер: альгин қышқылы, глицидилметакрилат, химиялық модификация, мукоадгезия, офтальмологиялық дәрілік формалар

© А. Каппасулы^{1,2}, Д.Н. Махаева^{1*}, Ж. Кожантаева¹,
Г.С. Ирмухаметова¹, 2024

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Научно-производственный центр экологической и промышленной

биотехнологии, Астана, Казахстан.

E-mail: danelya.1993@gmail.com

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАКРИЛИРОВАННОЙ АЛЬГИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Каппасулы А. — магистр технических наук, младший научный сотрудник, Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии, Астана, Казахстан
E-mail: kappasuly@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-6205-7721>;

Махаева Д.Н. — PhD, старший научный сотрудник, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
E-mail: danelya.1993@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1250-9587>;

Кожантаева Ж. — докторант, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: k.j.e.94_zk@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-0830-0162>;

Ирмухаметова Г.С. — к.х.н., ассоциированный профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail galiya.irm@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1264-7974>.

Аннотация. Исследователей все больше привлекает направление создания мукоадгезивных лекарственных форм на основе природных полимеров, так как они являются биосовместимыми, биоразлагаемыми и нетоксичными. Благодаря этим свойствам биополимеры хорошо зарекомендовали себя в качестве глазных лекарственных форм. Полимерные гидрогели используются в глазной терапии для повышения эффективности доставляемых лекарственных веществ и защиты роговицы глаза от повреждений. При этом такие системы должны обладать мукоадгезивными свойствами для удерживания на слизистой оболочке глаза длительное время. Высокая проницаемость слизистой оболочки расширяет возможности мукоадгезивной лекарственной формы по сравнению с другими видами лекарственных форм. Данная работа посвящена созданию прототипа лекарственной формы в виде глазных капель на основе модифицированного природного полимера – альгиновой кислоты (АК), определению основных физико-химических характеристик, а также выявлению перспективных сторон практического применения полученных образцов в офтальмологии. В качестве основных физико-химических методов исследования в работе использованы гравиметрия, вискозиметрия, ¹H-ЯМР-спектроскопия, ИК-спектроскопия, УФ-спектрофотометрия, дифференциально-сканирующая калориметрия и *in vitro* исследования удерживающей способности. В работе осуществлена химическая модификация альгиновой кислоты глицидилметакрилатом. По результатам ИК-, ЯМР-спектроскопии установлено, что на спектрах метакрилированной альгиновой кислоты присутствуют сигналы двойной связи глицидилметакрилата и отсутствуют сигналы, принадлежащие эпоксидной группе. Изучены физико-химические свойства растворов модифицированного полимера методами УФ-спектроскопии и вискозиметрии. Установлено, что с увеличением концентрации глицидилметакрилата в исходной смеси и понижением температуры повышается вязкость растворов метакрилированной альгиновой кислоты. По результатам исследования оптической плотности модифицированных образцов было выявлено, что концентрация растворов метакрилированной альгиновой кислоты до 1 масс. % является оптимальной с точки зрения прозрачности. Впервые получены прототипы лекарственных форм на основе модифицированных образцов альгиновой кислоты в виде глазных капель и изучены их мукоадгезивные свойства на роговице и веках овечьих глаз *in vitro*.

Ключевые слова: геомагнитные аномалии, глубинные разломы, отрицательные, положительные, вертикальная компонента

Введение

Создание мукоадгезивных лекарственных форм различного типа является в настоящее время одним из перспективных и эффективных способов решения вопросов контролируемой доставки лекарственных веществ (Laffleur, 2014: 591). Природные полимеры, в частности полисахариды и белки, обладают такими свойствами, как низкая токсичность, биосовместимость, биodeградируемость и др (Zelikin et al, 2016: 997). Благодаря этим свойствам (Laffleur & Dachs, 2015: 1211) биополимеры хорошо зарекомендовали себя в качестве глазных лекарственных форм. Применение механизмов мукоадгезии при разработке офтальмологических лекарственных форм является перспективным направлением. Так как прилипание на слизистой поверхности глаза ведет к увеличению времени контакта препарата в месте нанесения и, следовательно, снижается общая вводимая доза препарата как при системном, так и при местном введении. Высокая проницаемость слизистой оболочки расширяет возможности мукоадгезивной лекарственной формы по сравнению с другими видами лекарственных форм (Абилова и др., 2019: 21).

Альгиновая кислота – природный полимер, получаемый из бурых водорослей, который обладает гелеобразующими свойствами под воздействием двухвалентных катионов металлов. Это свойство позволяет инкапсулировать лекарства в гелевую матрицу, обеспечивая контролируемое высвобождение. Гелевая матрица может замедлять диффузию лекарств, что приводит к устойчивому и контролируемому высвобождению в течение длительного периода времени (Guo et al, 2020: 628). Альгиновая кислота может «защищать» лекарственные препараты, чувствительные к таким параметрам, как pH, температура и ферментативное воздействие. Инкапсулируя препараты в гидрогелевую матрицу, альгиновая кислота защищает их от деградации и повышает их стабильность (Bennacef et al, 2021: 106782).

Альгинаты широко используются в промышленности для регулирования вязкости, в качестве стабилизаторов или загустителей, способны создавать пленки и могут применяться в качестве связующих материалов (Savić Gajić et al, 2023: 2592). Альгинаты используются в основном в пищевой промышленности благодаря их способности образовывать термостабильные гели, в текстильной печати, в производстве керамики, сварочной проволоки и в фармацевтической промышленности для производства бинтов и стоматологических слепочных материалов, а также для инкапсуляции клеток и ферментов. Инкапсулированные клетки защищены от механического воздействия, а метаболиты и питательные вещества проникают через полупроницаемую капсулу. Новые материалы, такие как полиуретаны на основе альгината, обладают превосходными механическими свойствами и могут быть использованы в сосудистых системах (Lee & Mooney, 2012: 106). Они могут быть использованы для инкапсуляции клеток и лекарств. Область применения альгиновой кислоты очень широка, и можно расширить ее за счет модификации альгиновой кислоты. Наличие карбоксильных групп

делает альгиновую кислоту реакционноспособной, по сравнению с другими полисахаридами. Модификация карбоксильных групп позволяет получить новые производные альгиновой кислоты.

Целью работы является метакрирование альгиновой кислоты глицидилметакрилатом с целью получения мукоадгезивного прототипа офтальмологической лекарственной формы со способностью к *in situ* гелеобразованию.

Материалы и методы

Материалы

Альгиновая кислота (Sigma Aldrich, Германия), глицидилметакрилат, степень чистоты 97 % (Sigma Aldrich, Германия), диметилсульфоксид марки «х.ч.», натриевая соль флуоресцина (Sigma Aldrich, Великобритания).

Модификация альгиновой кислоты

Для модификации к раствору альгиновой кислоты (АК) концентрацией 3 масс.% покапельно добавляли глицидилметакрилат (ГМК) в следующих мольных соотношениях [АК]:[ГМК]= 1:2; 1:3; 1:4 и 1:8 и продували инертным газом. После установления температуры, равной 60 °С, синтез осуществляли в течение 2-х часов при pH=8 и постоянном перемешивании. Полученный и охлажденный до комнатной температуры раствор осаждали в диметилсульфоксиде (ДМСО) и пересаждали в ацетоне для удаления непрореагировавшего глицидилметакрилата. Осадок модифицированного полимера растворяли в дистиллированной воде и очищали с помощью диализной мембраны (MWCO 12–14 кДа) в течение четырех суток. Полученный полимер был высушен в лиофильной сушилке.

Физико-химические методы исследования

¹H ЯМР спектры полимеров были записаны на спектрометре JNM-ECA 500 от производителя Jeol (Япония). Сухие образцы полимеров растворяли в дейтерированной воде. Все химические сдвиги даны в ppm. Спектры были обработаны с помощью программы MestreNova для графического отображения. Все химические сдвиги на спектрах были представлены как δ – миллионная доля (ppm).

ИК-спектры высушенных и твердых образцов полимеров были получены с помощью PerkinElmer – Spectrum 65 FT-IR (США) в интервале от 4000 до 500 см⁻¹.

УФ-видимые спектры поглощения растворов полимеров получили с помощью УФ-спектрофотометра «Shimadzu UV – 1900I УФ-Вид» (Япония) при длине волны 390 нм с использованием кварцевой кюветы толщиной 1 мм при комнатной температуре и деионизированной воды в качестве эталонного раствора.

Термический анализ альгиновой кислоты и его метакрированной формы был проведен на приборе Netzsch DSC-TGA with IR coupling (Германия).

Выход полученной метакрированной альгиновой кислоты был рассчитан гравиметрическим методом по формуле (1):

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Определение динамической вязкости проводили с помощью микровискозиметра Lovis 2000 M/ME (AntonPaar, Австрия), работающего по принципу падающей сферы. Стеклянный капилляр, заполненный раствором, устанавливается в измерительную камеру, изменяющую свой угол расположения в диапазоне 15÷80°. Результаты испытаний представляются как динамическая вязкость в мПа•с. Для определения динамической вязкости использовали капилляр диаметром 1,59 мм. Эксперименты проводились при температуре 25°C и 37°C и повторялись по три раза.

Исследование удерживающей способности метакрилированной альгиновой кислоты на поверхности овечьих глаз

Тесты *in vitro* для определения времени удержания водных растворов альгиновой кислоты и модифицированных образцов для оценки мукоадгезивных свойств, проводили на поверхности овечьих глаз согласно методике (Mun et al., 2014: 3557). Роговицу размером 2*2 см вырезали с помощью острого скальпеля. Каждую роговицу перед применением смачивали раствором искусственной слезной жидкости. Для изучения мукоадгезивных свойств полимера была использована установка, представленная на рисунке 1.



1 – источник УФ света, 2 – шприцевой насос, 3 – цифровой микроскоп, 4 – образец
Рис. 1. Установка для измерения мукоадгезивных свойств полимеров

В начале эксперимента роговицу помещали на предметное стекло, установив под углом 45 ° (рисунок 2), и выдерживали в инкубаторе при температуре 37 °C в течение 10 минут до начала эксперимента. Были приготовлены флуоресцентные растворы альгиновой кислоты и метакрилированной

альгиновой кислоты концентрацией 0,5 масс. %. Концентрация флуоресцина натрия – 1 мг/мл. Продолжительность эксперимента – 6 ч, скорость потока искусственной слезной жидкости – 12 мл/ч. Флуоресцентные изображения были проанализированы с помощью программного обеспечения ImageJ и Adobe photoshop. Все измерения повторялись трехкратно.

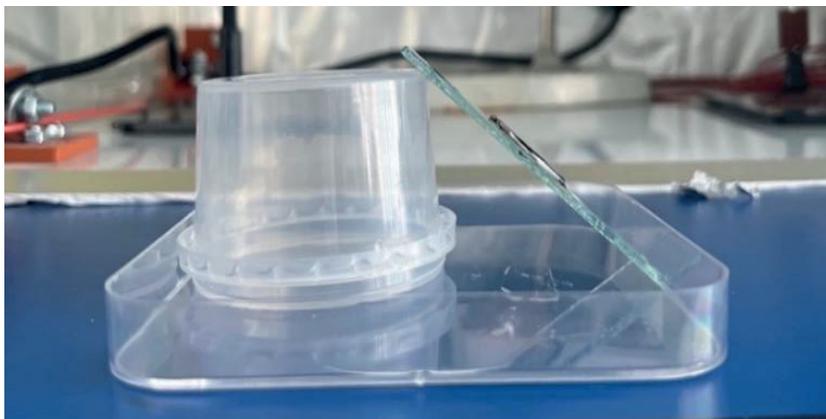


Рис. 2. Наглядное представление положения предметного стекла с роговицей под углом 45°

Приготовление раствора искусственной слезной жидкости

Искусственная слезная жидкость (ИСЖ) была приготовлена согласно методике (Agibaeva et al., 2020: 119093). Для этого навески хлорида натрия, бикарбоната натрия и хлорида кальция растворяли в 1л деионизированной воды и перемешивали при 40°C до полного растворения.

Результаты и их обсуждение

Альгиновая кислота является биосовместимым и нетоксичным полимером, что позволяет использовать ее в офтальмологии (Kaldybekov et al., 2018: 83). Улучшая мукоадгезивные свойства альгиновой кислоты, возможно получение лекарственной формы, способной «прилипнуть» к слизистой оболочке глаза. Увеличение времени пребывания и контакта лекарственной формы с поверхностью глаза, обеспечивает устойчивое высвобождение лекарственного средства и улучшает его терапевтическую эффективность (Davidovich-Pinhas & Bianco-Peled, 2011). Существуют такие методы модификации, как физическая и химическая модификации (Kontoroulou, 2014: 68). При физической модификации происходит смешивание и образование композитов. Метод химической модификации представляет собой введение функциональных групп (метакрилатных, сульфидных и т.п.) или изменение структуры полимера с помощью химических взаимодействий. Присутствие таких групп способствует улучшению мукоадгезивных свойств полимеров (Khutoryanskiy, 2011: 748).

В данной работе было осуществлено метакрилирование альгиновой кислоты глицидилметакрилатом с целью получения улучшенного прототипа

мукоадгезивной офтальмологической лекарственной формы со способностью к *in situ* гелеобразованию. Реакция протекала за счет взаимодействия эпоксидной группы ГМА с гидроксильной группой альгиновой кислоты в щелочной среде согласно схеме, представленной на рисунке 3:

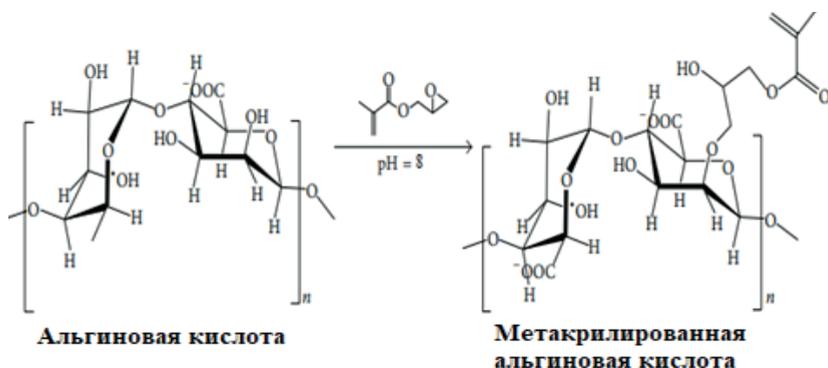


Рис. 3. Схема реакции метакрирования АК глицидилметакрилатом

Для характеристики полученных полимеров и установления протекания реакции модификации альгиновой кислоты глицидилметакрилатом, были выбраны методы ИК- и ЯМР-спектроскопии. В качестве контроля была использована альгиновая кислота.

Как видно из рисунка 4, для альгиновой кислоты характерны следующие колебания молекулярных связей: 3400 см^{-1} и 1150 см^{-1} групповые валентные колебания $-\text{OH}$, $2900\text{--}2950\text{ см}^{-1}$ групповые валентные колебания $-\text{CH}_2$, 2400 см^{-1} колебания $-\text{COOH}$ группы, 1800 и 1730 см^{-1} область колебаний двойных связей ($-\text{C}=\text{O}$).

На ИК спектрах модифицированных полимеров (рисунок 4) присутствуют характеристические полосы поглощения при 1722 см^{-1} , 1637 см^{-1} , 1596 см^{-1} , принадлежащие двойной связи ($-\text{C}=\text{C}-$) ГМА. Кроме того, на спектрах метакрилированных полимеров присутствуют полосы поглощения при 1260 см^{-1} , принадлежащие сложноэфирной группе ГМА. При этом стоит отметить, что чем выше концентрация ГМА в исходном растворе, тем выше интенсивность полос сложноэфирной группы ГМА на ИК-спектрах и меньше интенсивность пика в диапазоне $1000\text{--}1150\text{ см}^{-1}$, которые принадлежат колебаниям $-\text{OH}$ группы АК. Это свидетельствует о том, что происходит уменьшение количества гидроксильных групп АК в связи с взаимодействием с ГМА. На основе данных ИК-спектроскопии можно утверждать, что с повышением концентрации ГМА в исходной смеси увеличивается степень модификации альгиновой кислоты.

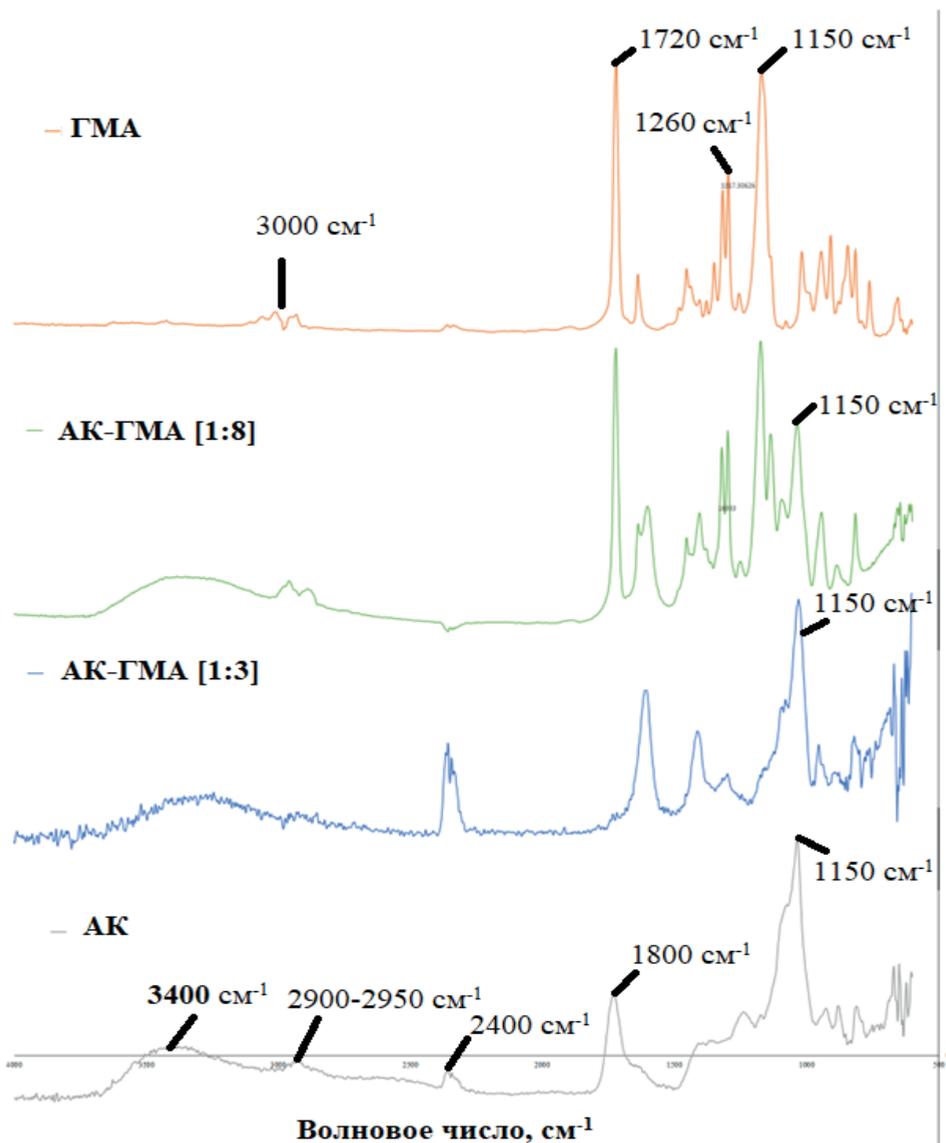


Рис. 4. ИК спектры АК, ГМА и АК-ГМА

По результатам ¹H ЯМР спектроскопии (рисунок 5, а) для АК характерны пики между 3,5 и 5,20 м.д., соответствующие сахаридным единицам основной цепи АК. Тогда как на спектре АК-ГМА (рисунок 5, б) наблюдаются пики m 6.02, m 5.97, s 1,75 м.д. сигналов протона, характерные для двойной связи и метильной группы ГМА. В качестве сравнения на ЯМР спектрах АК эти пики не наблюдаются. Это указывает на то, что после реакции АК с ГМА появились новые сигналы, принадлежащие двойным связям в ГМА, что подтверждает модификацию альгиновой кислоты.

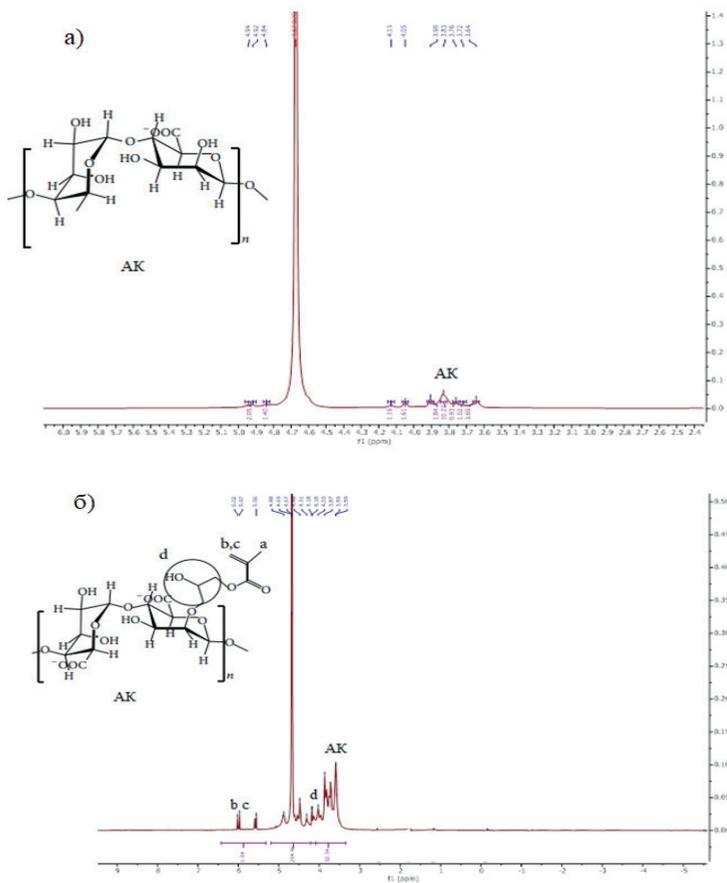


Рис. 5. ¹H – ЯМР спектры а) АК и б) АК-ГМА = [1:8]

Для изучения термических характеристик модифицированных образцов АК использовались методы ДСК и ТГА.

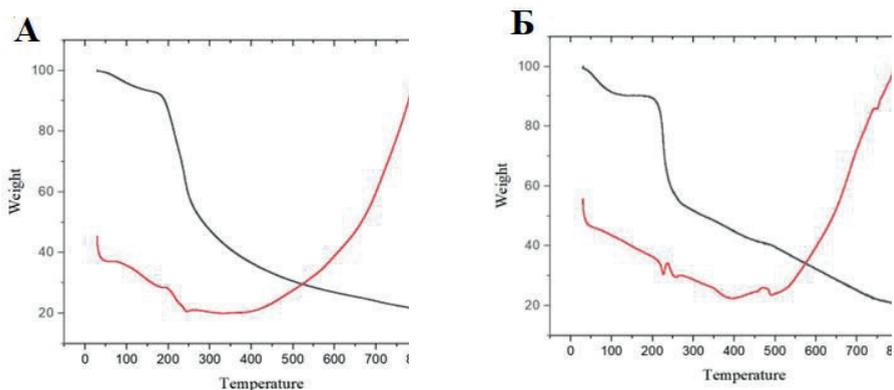


Рис. 6. ДСК и ТГА – кривые АК (а) и АК-ГМА (б)

По результатам ТГА и ДСК, представленных на рисунке 6, можно увидеть, что температура плавления и температура стеклования имеют лишь не большой сдвиг в пределах 200 °С для модифицированных образцов (рис. 6, б). Это свидетельствует о небольшом изменении в модифицированных полимерах, которые не оказывают существенного влияния на термические свойства АК-ГМА.

С целью определения оптимальных вязкостных характеристик для прототипа глазных капель был проведен ряд экспериментов по изучению зависимости динамической вязкости от концентрации и степени модификации полимеров, температуры и ионной силы растворов полимеров.

Влияние температуры на динамическую вязкость полимерных растворов исследовалось при 25 °С и 37 °С (рисунки 7, 8). Установлено, что с повышением температуры наблюдается снижение вязкости водных растворов метакрилированной альгиновой кислоты, что обусловлено термочувствительными свойствами полимера.

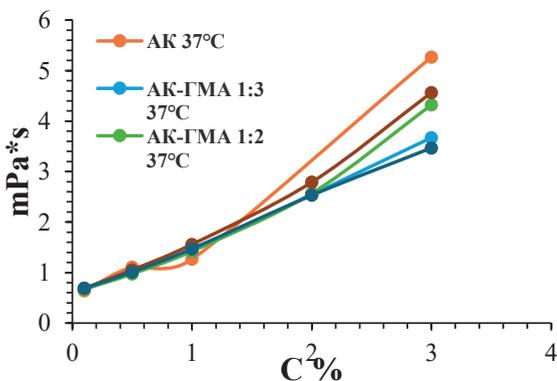


Рис. 7. Зависимость динамической вязкости растворов полимеров АК и АК-ГМА от концентрации при 37°C

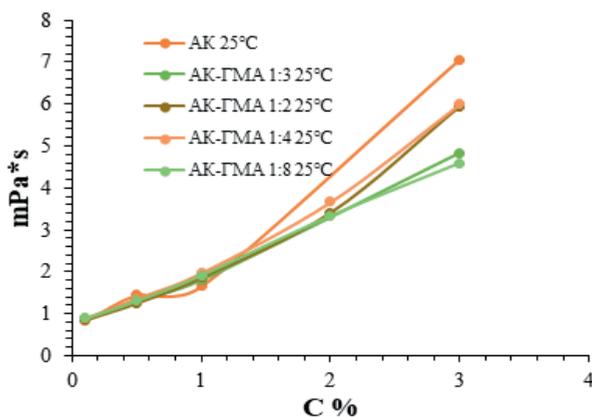


Рис. 8. Зависимость динамической вязкости растворов полимеров от концентрации АК и АК-ГМА 25°C

Также была исследована зависимость динамической вязкости от концентрации ГМА в исходной смеси. Из рисунка 9 видно, что с повышением содержания ГМА повышается вязкость растворов АК-ГМА. Такое поведение связано с гидрофобными свойствами глицидилметакрилата.

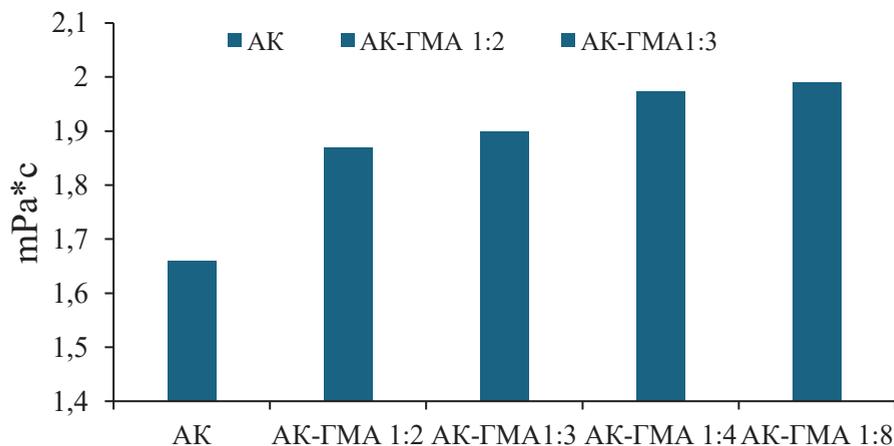


Рис. 9. Зависимость динамической вязкости растворов полимеров от соотношения АК-ГМА в исходной мономерной смеси

Влияние ионной силы на вязкость растворов полимеров зависит от различных факторов, в том числе от природы полимера и концентрации ионов, температуры и свойств растворителя. Поведение различных полимерных систем при различной ионной силе может существенно различаться. Экспериментальные измерения и тщательная характеристика необходимы для понимания специфических эффектов и поведения растворов полимеров в отношении ионной силы.

В работе было изучено изменение вязкости растворов АК и АК-ГМА в растворе искусственной слезной жидкости ($pH=7,4$) и в деионизированной воде. Установлено, что вязкость растворов модифицированных полимеров в ИСЖ ниже по сравнению с деионизованной водой (Рисунок 10). Это свидетельствует о том, что состав искусственной слезной жидкости не оказывает существенного влияния на реологическое поведение модифицированной альгиновой кислоты (рисунок 10).

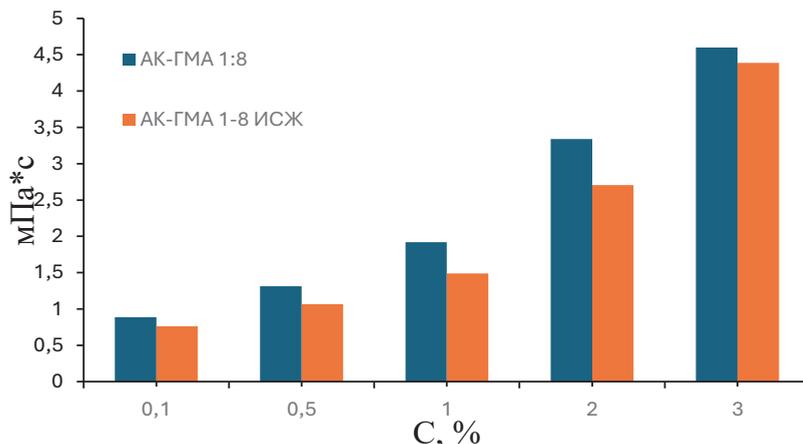


Рис. 10. Зависимость динамической вязкости растворов АК-ГМА в дистиллированной воде и ИСЖ в зависимости от концентрации полимера

Полученные в работе значения вязкости растворов АК-ГМА могут быть полезны в следующих случаях:

1. Простота рецептуры и стабильность: если значения динамической вязкости модифицированной альгиновой кислоты в воде и искусственной слезной жидкости сопоставимы, то это упрощает процесс разработки рецептуры. Одна и та же концентрация модифицированного образца потенциально может использоваться как в препаратах на водной основе, так и в препаратах на основе искусственной слезной жидкости без необходимости значительных корректировок. Это может обеспечить стабильную эффективность продуктов на основе модифицированных образцов, таких как глазные капли или офтальмологические составы, независимо от того, приготовлены ли они на воде или на основе искусственной слезной жидкости.

2. Универсальность: когда среда не сильно влияет на реологические свойства модифицированной альгиновой кислоты, она может быть универсальной в применении помимо искусственной слезной жидкости. Модифицированные образцы потенциально можно использовать в других составах на водной основе или в качестве компонента композиционных материалов, гидрогелей или каркасов тканевой инженерии без существенного изменения ее вязкостных характеристик.

Прозрачность – важный показатель глазных капель, так как напрямую влияет на способность капель оказывать необходимый терапевтический эффект. Определение показателя прозрачности проводят с помощью УФ-спектроскопии, что позволяет оценить качество и эффективность действия глазных капель.

Чистые и прозрачные глазные капли обеспечивают оптимальную систему доставки активных ингредиентов, позволяя им беспрепятственно достигать глазных тканей и оказывать желаемый терапевтический эффект.

Была изучена зависимость оптической плотности растворов полимера от концентрации АК и АК-ГМА. Данный эксперимент был проведен с целью определения максимальной концентрации модифицированного полимера, при которой раствор оставался бы прозрачным. По результатам, представленным на рисунке 11, видно, что с повышением концентрации полимера идёт закономерное повышение оптической плотности. В концентрации до 1 масс. % наблюдается лишь небольшое изменение оптической плотности.

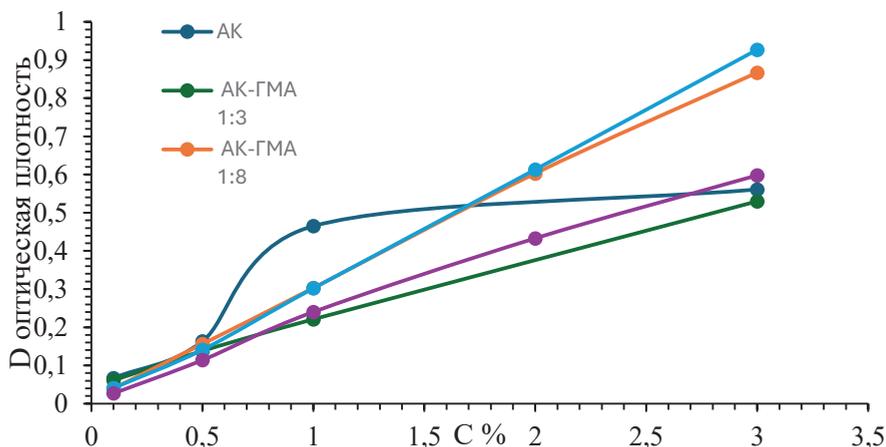


Рис. 11. Зависимость оптической плотности растворов полимеров от концентрации АК и АК-ГМА при $\lambda=390$

Таким образом, определение прозрачности глазных капель имеет решающее значение для гарантии качества, эффективности и безопасности при лечении различных заболеваний глаз. По результатам исследования оптической плотности модифицированных образцов было выявлено, что концентрации растворов метакрилированной альгиновой кислоты до 1 масс. % являются оптимальными и наиболее прозрачными.

Применение механизмов мукоадгезии при разработке офтальмологических лекарственных форм также является перспективным направлением. В этом случае эксплуатируется возможность взаимодействия полимеров со слизистой оболочкой глаза, содержащей муцин. В результате наблюдается увеличение времени нахождения лекарственного препарата в верхнем сегменте глаза и увеличивается биодоступность лекарственного вещества. Известно несколько теорий полимер-муцин взаимодействия: электронная; теория адсорбции, электростатические взаимодействия, водородные связи, силы Ван-дер-Ваальса, гидрофобные эффекты, а также ковалентная связь между некоторыми специфическими полимерами и теория смачивания, основанная на структурном сходстве между полимером и муцином. Модификация природных или синтетических полимеров функциональными группами, способными к вышеописанным взаимодействиям (например, тиольными,

акрилатными, малеимидными, ионными и т.д.) может способствовать увеличению мукоадгезивных свойств известных полимеров.

Удержание на слизистой оболочке роговицы и века овечьего глаза растворов АК и АК-ГМА, содержащих флуоресцеин натрия (NaFl, 1 мг/мл) и чистого раствора флуоресцеина натрия оценивали с помощью метода смыва *in vitro* с флуоресцентным детектированием. На рисунке 12 приведены флуоресцентные микрофотографии удерживания растворов АК и АК-ГМА, содержащих флуоресцеин натрия (NaFl, 1 мг/мл) и чистого раствора флуоресцеина натрия (используемого в качестве контроля) на веках овечьего глаза после каждого промывания растворами ИСЖ (рН 7,4; скорость потока 12 мл/час) в течение 60 мин.

Затем флуоресцентные изображения были проанализированы с помощью программного обеспечения ImageJ и Adobe photoshop. Значения интенсивности флуоресценции на микрофотографиях нормировались на 100 % (рисунки 12 и 13).

Из рисунка 12 видно, что для растворов АК-флуоресцеин натрия, АК-ГМА-флуоресцеин натрия и чистого флуоресцеина натрия последующие промывки приводили к снижению интенсивности окрашивания за счет вымывания. При этом установлено, что раствор АК-ГМА проявляет значительную способность удерживаться на слизистой оболочке века (Vсл. жид. = 12 мл) по сравнению с раствором АК. Введение метакрилированных групп увеличивает время удерживания пленок на слизистой оболочке века, т.е. улучшает мукоадгезивные свойства.

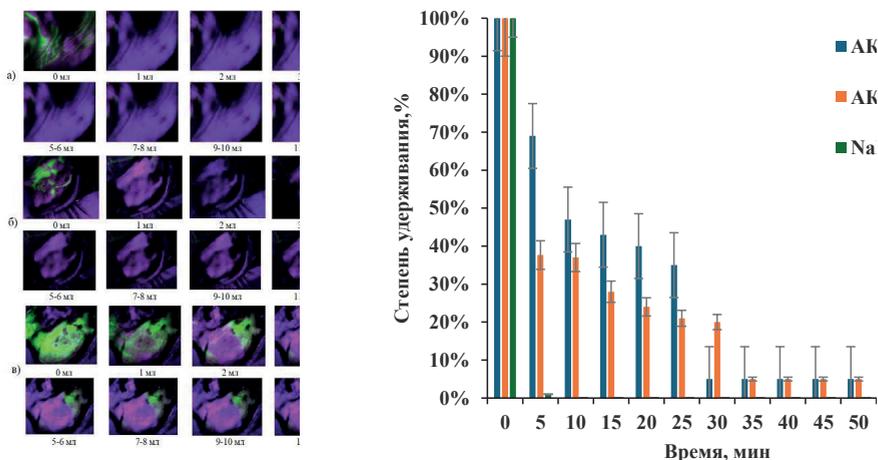


Рис. 12. Микрофотографии, показывающие время удержания растворов NaFl (а), АК (б) и АК-ГМА(в) на поверхности века овечьего глаза и зависимость степени удерживания растворов АК, АК-ГМА и NaFL на поверхности слизистой век от времени

На рисунке 13 представлены флуоресцентные микрофотографии удерживания растворов АК и АК-ГМА, содержащих флуоресцеин натрия

(NaFl, 1 мг/мл) и чистого раствора флуоресцеина натрия (используемого в качестве контроля) на роговице овечьего глаза после каждого промывания растворами ИСЖ (рН 7,4; скорость потока 12 мл/час) в течение 60 мин. Время удерживания АК-ГМА на роговице овечьего глаза дольше, чем АК и чистого раствора флуоресцеина натрия. Тогда как время удерживания образцов на роговице меньше, чем на веках овечьего глаза. Это связано с тем, что на роговице овечьего глаза содержание мукозы (слизистой) меньше, чем на веках, что приводит к более быстрому смыву растворов полимеров.

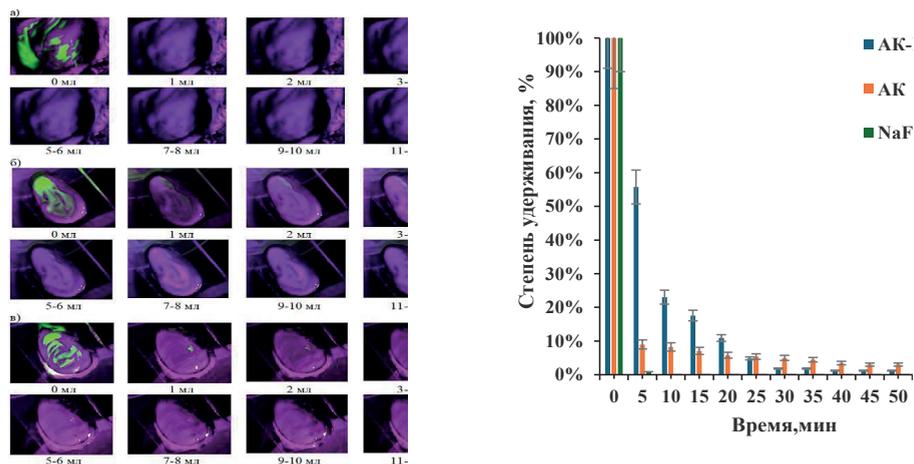


Рис. 13. Микрофотографии, показывающие время удержания растворов NaFl (а), АК (б) и АК-ГМА(в) на поверхности роговицы овечьего глаза и зависимость степени удерживания растворов АК, АК-ГМА и NaFL на поверхности роговицы от времени

По результатам эксперимента видно, что время удерживания АК-ГМА дольше, чем у АК. Это происходит за счет взаимодействия метакрилированных групп АК-ГМА с муцином, которое позволяет удерживаться дольше на поверхности глаза. Таким образом, полученные и представленные результаты подтверждают улучшение мукоадгезивных свойств альгиновой кислоты путем его метакрилирования, для использования в качестве потенциальных мукоадгезивных лекарственных форм в терапии глазных заболеваний.

Заклучение

Таким образом, в ходе исследования были синтезированы метакрилированные формы альгиновой кислоты в трех соотношениях [АК]:[ГМА]=1:3; 1:5; 1:8, структура которых была изучена методами ИК и ЯМР-спектроскопии. Полученные метакрилированные формы альгиновой кислоты. Методом вискозиметрии были определены оптимальные характеристики прототипов глазных капель. Установлено, что с увеличением концентрации ГМА в исходной смеси повышается вязкость раствора метакрилированной альгиновой кислоты, а с повышением температуры идет снижение вязкости растворов полимера. Присутствие компонентов в

искусственной слезной жидкости не оказывает существенного влияния на поведение вязкости альгиновой кислоты. Было выявлено, что оптимальной концентрацией для получения глазных капель является концентрация метакрилизованной альгиновой кислоты до 1 масс. %. Модифицированный полимер показывает улучшенные мукодагезивные свойства по сравнению с альгиновой кислотой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РК по проекту программно-целевого финансирования вне конкурсных процедур на 2023–2025 годы № (BR21882289) «Разработка и внедрение технологических аспектов производства и промышленного применения функциональных углерод-кремниевых наполнителей»

ЛИТЕРАТУРА

- Абилова Г.К., Әбілқәрім Ә., Ирмухаметова Г.С. (2019). Получение и характеристика термически сшитых пленок на основе хитозана и поли(2-этил-2-оксазолина). Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия химическая. — 94(3). — 20–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.15328/cb1085>.
- Agibayeva L.E., Kaldybekov D.B., Porfiryeva N.N., Garipova V.R., Mangazbayeva R.A., Moustafine R.I., Semina I.I., Mun G.A., Kudaibergenov S.Ye., Khutoryanskiy V.V. (2020). Gellan gum and its methacrylated derivatives as in situ gelling mucoadhesive formulations of pilocarpine: In vitro and in vivo studies. *Int. J. Pharm.* — 577. — 119093. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2020.119093>
- Bennacef C., Desorby-Banon S., Probst L., Desorby S. (2021). Advances on alginate use for spherification to encapsulate biomolecules. *Food Hydrocoll.* — 118. — 106782. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106782>
- Davidovich-Pinhas M. & Bianco-Peled H. (2011). Physical and structural characteristics of acrylated poly(ethylene glycol)-alginate conjugates. *Acta Biomater.* — 7(7). — 2817–2825. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2011.04.001>
- Guo X., Wang Y., Qin Y., Shen P. & Peng Q. (2020). Structures, properties and application of alginic acid: *Int. J. Biol. Macromol.* — 162. — 618–628. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.180>
- Kaldybekov D.B., Tonglairoum P., Opanasopit P. & Khutoryanskiy V.V. (2018). Mucoadhesive maleimide-functionalised liposomes for drug delivery to urinary bladder. *Eur. J. Pharm. Sci.* — 111. — 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2017.09.039>
- Khutoryanskiy V.V. (2011). Advances in Mucoadhesion and Mucoadhesive Polymers. *Macromol. Biosci.* — 11. — 748–764. <https://doi.org/10.1002/mabi.201000388>
- Kontopoulou M. (2014). Advances in Chemically Modified and Functionalized Polymers. *Macromol. React. Eng.* — 8. — 67–68. <https://doi.org/10.1002/mren.201300197>
- Laffleur F. (2014). Mucoadhesive polymers for buccal drug delivery. *Drug Dev. Ind. Pharm.* — 40(5). — 591–598. <https://doi.org/10.3109/03639045.2014.892959>
- Laffleur F. & Dachs S. (2015). Development of novel mucoadhesive hyaluronic acid derivate as lubricant for the treatment of dry eye syndrome. *Ther. Deliv.* — 6(10). — 1211–1219. <https://doi.org/10.4155/tde.15.55>
- Lee K.Y. & Mooney D.J. (2012). Alginate: properties and biomedical applications. *Prog. Polym. Sci.* — 37(1). — 106–126. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.06.003>
- Mun E.A., Morrison P.W., Williams A.C. & Khutoryanskiy V.V. (2014). On the barrier properties of the cornea: a microscopy study of the penetration of fluorescently labeled nanoparticles, polymers, and sodium fluorescein. *Mol. Pharm.* — 11(10). — 3556–3564. <https://doi.org/10.1021/mp500332m>
- Savić Gajić I.M., Savić I.M. & Svirčev Z. (2023). Preparation and Characterization of Alginate Hydrogels with High Water-Retaining Capacity. *Polymers.* — 15(12). — 2592. <http://dx.doi.org/10.3390/polym15122592>

Zelikin A.N., Ehrhardt C. & Healy A.M. (2016). Materials and methods for delivery of biological drugs. *Nat. Chem.* — 8(11). — 997–1007. <https://doi.org/10.1038/nchem.2629>

REFERENCES

Abilova G., Abilkarim A. & Irmukhametova G. (2019). Preparation and characterization of thermally crosslinked films based on chitosan and poly(2-ethyl-2-oxasoline). *Chem. Bull. Kaz. Nat.* — 94(3). — 20–27. <https://doi.org/10.15328/cb1085> (in Rus).

Agibayeva L.E., Kaldybekov D.B., Porfiryeva N.N., Garipova V.R., Mangazbayeva R.A., Moustafine R.I., Semina I.I., Mun G.A., Kudaibergenov S.Ye., Khutoryanskiy V.V. (2020). Gellan gum and its methacrylated derivatives as in situ gelling mucoadhesive formulations of pilocarpine: In vitro and in vivo studies. *Int. J. Pharm.* — 577. — 119093. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2020.119093>

Bennacef C., Desorby-Banon S., Probst L., Desorby S. (2021). Advances on alginate use for spherification to encapsulate biomolecules. *Food Hydrocoll.* — 118. — 106782. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106782>

Davidovich-Pinhas M. & Bianco-Peled H. (2011). Physical and structural characteristics of acrylated poly(ethylene glycol)-alginate conjugates. *Acta Biomater.* — 7(7). — 2817–2825. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2011.04.001>

Guo X., Wang Y., Qin Y., Shen P. & Peng Q. (2020). Structures, properties and application of alginic acid: *Int. J. Biol. Macromol.* — 162. — 618–628. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.180>

Kaldybekov D.B., Tonglairoum P., Opanasopit P. & Khutoryanskiy V.V. (2018). Mucoadhesive maleimide-functionalised liposomes for drug delivery to urinary bladder. *Eur. J. Pharm. Sci.* — 111. — 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2017.09.039>

Khutoryanskiy V.V. (2011). Advances in Mucoadhesion and Mucoadhesive Polymers. *Macromol. Biosci.* — 11. — 748–764. <https://doi.org/10.1002/mabi.201000388>

Kontopoulou M. (2014). Advances in Chemically Modified and Functionalized Polymers. *Macromol. React. Eng.* — 8. — 67–68. <https://doi.org/10.1002/mren.201300197>

Laffleur F. (2014). Mucoadhesive polymers for buccal drug delivery. *Drug Dev. Ind. Pharm.* — 40(5). — 591–598. <https://doi.org/10.3109/03639045.2014.892959>

Laffleur F. & Dachs S. (2015). Development of novel mucoadhesive hyaluronic acid derivate as lubricant for the treatment of dry eye syndrome. *Ther. Deliv.* — 6(10). — 1211–1219. <https://doi.org/10.4155/tde.15.55>

Lee K.Y. & Mooney D.J. (2012). Alginate: properties and biomedical applications. *Prog. Polym. Sci.* — 37(1). — 106–126. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.06.003>

Mun E.A., Morrison P.W., Williams A.C. & Khutoryanskiy V.V. (2014). On the barrier properties of the cornea: a microscopy study of the penetration of fluorescently labeled nanoparticles, polymers, and sodium fluorescein. *Mol. Pharm.* — 11(10). — 3556–3564. <https://doi.org/10.1021/mp500332m>

Savić Gajić I.M., Savić I.M. & Svirčev Z. (2023). Preparation and Characterization of Alginate Hydrogels with High Water-Retaining Capacity. *Polymers.* — 15(12). — 2592. <http://dx.doi.org/10.3390/polym15122592>

Zelikin A.N., Ehrhardt C. & Healy A.M. (2016). Materials and methods for delivery of biological drugs. *Nat. Chem.* — 8(11). — 997–1007. <https://doi.org/10.1038/nchem.2629>



РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ
(к 90-летию со дня рождения)

Выдающийся ученый-горняк, действительный член Национальной академии наук Республики Казахстан, заслуженный деятель РК, доктор технических наук, профессор, почетный ректор Казахского национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева Баян Ракишевич Ракишев родился 15 марта 1934 года.

После окончания с отличием Казахского горно-металлургического института с 1957 по 1965 годы он работал на Коунрадском руднике Балхашского горно-металлургического комбината в должностях начальника смены, начальника цеха и карьера. В 1964 году без отрыва от производства успешно защитил кандидатскую диссертацию.

Дальнейшая его трудовая деятельность связана с родным вузом. С 1966 по 1987 годы доцент, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики, в период с 1988 по 2016 год заведующий кафедрой открытых горных работ, с 1980 по 1993 год научный руководитель проблемной лаборатории новых физических методов разрушения горных пород и отраслевой лаборатории технологии буровзрывных работ КазПТИ им. В.И. Ленина. С 2016 года по настоящее время он профессор кафедры «Горное дело», почетный ректор Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева.

Под руководством Б. Ракишева факультет Автоматики и вычислительной техники занимал передовые позиции в научно-исследовательской, учебно-производственной и общественной деятельности. Факультетский ансамбль «Досмукасан» сформировался, состоялся как творческий самостоятельный коллектив и стал популярным в странах СНГ. О творческой деятельности

«Досмукасан» и роли декана Баяна Ракишева в его становлении рассказывается в кинофильме «Досмукасан», выпущенном Казахфильмом в 2020 году.

В должностиректора он всю свою силу и энергию отдавал расширению связей науки с производством, практической подготовке будущих специалистов. Тогда в КазПТИ впервые в Казахстане были организованы специализированные студенческие отряды для прохождения производственных практик, открылось несколько филиалов кафедр на базе предприятий и НИИ. Активно внедрялись договоры о научно-техническом содружестве и подготовке специалистов по прямым связям с предприятиями. Контингент иностранных студентов из 37 стран в то время составлял внушительную цифру – более 300 человек. Существенно улучшилось состояние материально-технической базы института. КазПТИ им. В.И. Ленина был одним из ведущих высших учебных заведений СССР.

Баян Ракишевич создал стройную теорию разрушения реального массива горных пород действием взрыва ВВ. Разработал аналитические методы определения расположения зарядов ВВ в массиве, гранулометрического состава взорванной горной массы, затрат энергии ВВ на дробление, перемещение и графо-аналитические методы определения размещения разнородных пород в развале, параметров технологий буровзрывных и экскаваторных работ, обеспечивающих наименьшие количественные и качественные потери.

Баяном Ракишевым сформулированы стратегические задачи рационального освоения недр и комплексного использования полезных ископаемых, обоснованы системы их обеспечения, разработаны горно-геологические, геометрические модели сложноструктурных блоков месторождений, математические модели минерального сырья на различных этапах его переработки, позволяющие управлять уровнем извлечения как основных, так и сопутствующих полезных компонентов в концентрат, в металл, что чрезвычайно важно в условиях систематического снижения содержания профильных металлов в руде и увеличения спроса на редкие металлы в связи с развитием высоких технологий.

Разработанные математические модели стабилизации качества многокомпонентной руды для оперативного управления внутрикарьерным усреднением и состоянием минерального сырья на каждом из этапов его переработки способствуют совершенствованию экономически эффективных технологий добычи и переработки полезных ископаемых.

Научными работами, выполненными на высоком теоретическом уровне и оригинальными практическими разработками, получившими признание горной общественности, академик Б.Р. Ракишев внес большой вклад в горную науку и промышленность, создал научную школу в области эффективного разрушения массивов пород и разработки полезных ископаемых в режиме их рационального использования недр, подготовил 9 докторов, 30 кандидатов технических наук, 9 докторов PhD, сотни магистров и инженеров.

Академик НАН РК Б.Р. Ракишев является автором около 800 научных и учебно-методических работ, в том числе 15 монографий, 6 аналитических обзоров, 14 учебников и учебных пособий, 50 авторских свидетельств и патентов на изобретения, более 100 статей в изданиях в базе данных Scopus и Web of Science.

За заслуги в области научной, педагогической и организационной деятельности Б. Р. Ракишев награжден орденами Трудового Красного Знамени и «Парасат», шестью медалями СССР и РК, Почетной грамотой Верховного Совета Казахской ССР, удостоен почетного звания «Заслуженный деятель РК», является лауреатом Республиканской премии им. К.И. Сатпаева.

Баян Ракишевич и сейчас ведет активную научно-исследовательскую, научно-организационную работу, являясь научным руководителем проектов Министерства науки и высшего образования РК, председателем диссертационного совета по защите докторских диссертаций, руководителем докторантов PhD, вице-президентом ОО «Союз ученых Казахстана», почетным президентом Горнопромышленного союза Казахстана, членом редколлегий журналов Казахстана, России, Украины и Узбекистана.

Поздравляя Баяна Ракишевича с юбилеем, желаем ему здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.

*Министерство высшего образования и науки РК,
Национальная академия наук РК,
Казахский национальный исследовательский
технический университет им. К.И. Сатпаева,
редакции журналов «Доклады НАН РК» и
«Вестник НАН РК»*

МАЗМУНЫ

ФИЗИКА

Ж.С. Байымбетова, Н.А. Сандибаева, Е.А. Склярова, Н.Ж. Ахметова ОРТА МЕКТЕП ФИЗИКА ПӘНІН ОҚЫТУДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ: ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ.....	7
Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, Е.С. Отунчи, А.Қ. Шонғалова, А.Г. Умирзаков АТОМДЫҚ ДЕҢГЕЙДЕ АЛКИЛ АРАЛЫҚТАРЫ АРҚЫЛЫ WS_2 НАНОПАРАҚТАРЫНЫҢ ФОТОСЕЗІМТАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУ.....	16
А.А. Жадыранова, Д.К. Аншокова МОДИФИЦИРОВАННОЕ УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛОГАРИФМИЧЕСКИ СКОРРЕКТИРОВАННОЙ ЖИДКОСТИ СО СТЕПЕННЫМ ЗАКОНОМ.....	31
В.Ю. Ким, Ш.Т. Омаров АЛЫТ-АЗИМУТАЛДЫ МОНТАЖДАУДАН ӨТКЕН ТЕЛЕСКОПТЫҢ ДЕРОТАТОРЛЫ ӨРІСІ.....	50
А. Марасулов, И.И. Сафаров, М.Х. Тешаев, Ә.С. Төлеп, Г.А. Абдраимова ҚАБАТТЫ ТҮТҚЫР СЕРПІМДІ ЦИЛИНДРДЕ СТАЦИОНАРЛЫҚ ЕМЕС ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУЫ.....	63
М. Пахомов, Ү. Жапбасбаев, Г. Рамазанова ҚҰБЫРДАҒЫ ТҮТҚЫР-ПЛАСТИКАЛЫҚ СҮЙІҚТЫҚТЫҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ЕМЕС ТУРБУЛЕНТТІК АҒЫСЫН ЕСЕПТЕУГЕ АРНАЛҒАН РЕЙНОЛЬДС КЕРНЕУІ МОДЕЛІ.....	79
К. Саурова, С. Нысанбаева, Н. Сейдахмет, Г. Турлыбекова, Қ. Астемесова ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ ОРБИТАЛДЫҚ ҚОЗҒАЛЫС ДИНАМИКАСЫН СИМУЛЯЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	95
Е.О. Шаленов, Е.С. Сейтқожанов, М.М. Сейсембаева, К.Н. Джумагулова СЭНДВИЧ ПЕН КЕРІ КОНТАКТЫ ПЕРОВСКИТ КҮН ЭЛЕМЕНТТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	109
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк КОМЕТАЛАРДЫҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КЕРНЕУЛЕРМЕН ЖОЙЫЛУЫ.....	123
С.А. Шомшекеева, М.А. Кругов, Ч.Т. Омаров, Е.К. Аймуратов АСТРОХАБ ШЕҢБЕРІНДЕ ҒЫЛЫМДЫ НАСИХАТТАУ.....	139

ХИМИЯ

Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс, И.С. Сапарбекова ПОЛИМЕТАКРИЛ ҚЫШҚЫЛЫ МЕН ПОЛИ-2-МЕТИЛ-5-ВИНИЛПИРИДИН ГЕЛЬДЕРІНІҢ ҚАШЫҚТЫҚТАН ӨРЕКЕТТЕСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	155
Ә. Қаппасұлы, Д. Махаева, Ж. Қожантаева, Ғ. Ирмухаметова ДӘРІЛІК ЗАТТАРДЫ ЖЕТКІЗУДІҢ ОФТАЛЬМОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ӨЗІРЛЕУ ҮШІН МЕТАКРИЛДЕНГЕН АЛГИН ҚЫШҚЫЛЫН АЛУ.....	167
А. Карилхан, А. Турсынова МОНОТЕРПЕНДІК ЦИТРОНЕЛЛАЛДАН ИЗОПУЛЕГОЛ ЖӘНЕ МЕНТОЛ СИНТЕЗІН ЗЕРТТЕУ.....	186
А.А. Құдайбергін, А.К. Нурлыбекова, Ж. Жеңіс, М.А. Дюсебаева ARTEMISIA TERRAE-ALBAE МАЙДА ЕРИТІН СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	195
М.Г. Мурзагалиева, Н.С. Ашимхан, А.О. Сапиева АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАБИҒИ АДСОРБЕНТТЕРМЕН ТАЗАЛАУДЫҢ КОЛЛОИДТЫ – ХИМИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....	204

Г.Ф. Сагитова, С.А. Сакибаева, Б.А. Сақыбаев, З.А. Емқұлова, В.Ю. Морозова БУТАДИЕН-НИТРИЛДІ КАУЧУКТАР МЕН ТОЛЫҚТЫРҒЫШТАР НЕГІЗІНДЕГІ ТЫҒЫЗДАҒЫШ РЕЗИНАЛАРДЫ ӨЗІРЛЕУ.....	219
Б. Серикбаева, Р. Абжалов, А. Колесников, Ш. Кошкарбаева, М. Сатаев ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ТІКЕЛЕЙ ФОТОХИМИЯЛЫҚ КҮМІСТЕНУІ.....	230
А.Т. Такибаева, О.В. Демец, А.А. Жорабек, А. Карилхан, Д.А. Ражабова ЛУПАН ТРИТЕРПЕНОИДТАРЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....	244
Б.Р. Таусарова, М.Ш. Сулейменова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина МЫС НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ НЕГІЗІНДЕГІ ЦЕЛЛЮЛОЗАЛЫҚ ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	259
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.Р. Рахметова КӨМІРТЕКСІЗДЕНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДАҒЫ ЖЫЛУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ГАЗДАРЫН АЛДЫН АЛА ӨҢДЕУ.....	271
РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ (90 жас).....	283

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Ж.С. Байымбетова, Н.А. Сандибаева, Е.А. Склярова, Н.Ж. Ахметова СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ ФИЗИКОЙ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	7
Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, Е.С. Отунчи, А.Қ. Шонгалова, А.Г. Умирзаков УЛУЧШЕНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ НАНОЛИСТОВ WS ₂ С ПОМОЩЬЮ АЛКИЛЬНЫХ СПЕЙСЕРОВ НА АТОМИСТИЧЕСКОМ УРОВНЕ.....	16
А.А. Жадыранова, Д.К. Аншокова ДӘРЕЖЕЛІК ЗАҢЫ БАР ЛОГАРИФМДІК МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН СҮЙІҚТЫҚ КҮЙІНІҢ ӨЗГЕРТІЛГЕН ТЕНДЕУІ.....	31
В.Ю. Ким, Ч.Т. Омаров ДЕРОТАТОР ПОЛЯ ДЛЯ ТЕЛЕСКОПА НА АЛЬТ-АЗИМУТАЛЬНОЙ МОНТИРОВКЕ.....	50
А. Марасулов, И.И. Сафаров, М.Х. Тешаев, А.С. Тулеп, Г.А. Абдраимова РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН В СЛОИСТОМ ВЯЗКОУПРУГОМ ЦИЛИНДРЕ.....	63
М. Пахомов, У. Жапбасбаев, Г. Рамазанова МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ РЕЙНОЛЬДСА ДЛЯ РАСЧЕТА НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ ЖИДКОСТИ В ТРУБЕ.....	79
К. Саурова, С. Нысанбаева, Н. Сейдахмет, Г. Турлыбекова, Қ. Астемесова ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	95
Е.О. Шаленов, Е.С. Сейткочанов, М.М. Сейсембаева, К.Н. Джумагулова СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЭНДВИЧ И ОБРАТНО-КОНТАКТНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	109
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк РАЗРУШЕНИЕ КОМЕТ ТЕРМИЧЕСКИМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ.....	123
С.А. Шомшекова, М.А. Кругов, Ч.Т. Омаров, Е.К. Аймуратов ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУКИ В РАМКАХ АСТРОХАБА.....	139

ХИМИЯ

Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс, И.С. Сапарбекова ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ ПОЛИМЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ПОЛИ-2-МЕТИЛ-5-ВИНИЛПИРИДИНОМ.....	155
Ә. Қаппасұлы, Д.Н. Махаева, Ж. Кожантаева, Г.С. Ирмухаметова ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАКРИЛИРОВАННОЙ АЛЬГИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ.....	167
А. Карилхан А. Турсынова ИЗУЧЕНИЕ СИНТЕЗА ИЗОПУЛЕГОЛА И МЕНТОЛА ИЗ МОНОТЕРПЕНОВОГО ЦИТРОНЕЛЛАЛЯ.....	186
А.А. Кудайбергел, А.К. Нурлыбекова, Ж. Женис, М.А. Дюсебаева ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИРОРАСТВОРИМОГО ЭКСТРАКТА ARTEMISIA TERRAE-ALBAE.....	195
М.Г. Мурзагалиева, Н.С. Ашимхан, А.О. Сапиева ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРИРОДНЫМИ АДСОРБЕНТАМИ.....	204
Г.Ф. Сагитова, С.А. Сакибаева, Б.А. Сақыбаев, З.А. Емкулова, В.Ю. Морозова РАЗРАБОТКА УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ РЕЗИН НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ.....	219

Б.С. Серикбаева, Р. Абжалов, А.В. Колесников, Ш.Т. Кошкарбаева, М.С. Сатаев ПРЯМОЕ ФОТОХИМИЧЕСКОЕ СЕРЕБРЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ.....	230
А.Т. Такибаева, О.В. Демец, А.А. Жорабек, А. Карилхан, Д.А. Ражабова СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЛУПАНОВЫХ ТРИТЕРПЕНОИДОВ.....	244
Б.Р. Таусарова, М.Ш. Сулейменова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ.....	259
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.Р. Рахметова ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ ТЕПЛОВЫХ УСТРОЙСТВ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ.....	271
РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ (к 90-летию со дня рождения).....	283

CONTENTS
PHYSICAL

Zh.S. Baiymbetova, N.A. Sandibaeva, E.A. Sklyarova, N.Zh. Akhmetova THE SECONDARY SCHOOL PHYSICS LEARNING MANAGEMENT SYSTEM (LMS): LITERATURE REVIEW.....	7
E.A. Dmitriyeva, A.E. Kemelbekova, Ye.S. Otunchi, A.K. Shongalova, A.G. Umirzakov ENHANCING PHOTSENSITIVE PROPERTIES OF WS ₂ NANOSHEETS VIA ALKYL SPACERS AT THE ATOMISTIC LEVEL.....	16
A.A. Zhadyranova, D.K. Anshokova MODIFIED EQUATION OF STATE OF A LOGARITHMICALLY VISCOUS FLUID WITH A POWER LAW.....	31
V.Yu. Kim, Ch.T. Omarov FIELD DEROTATOR FOR A TELESCOPE WITH ALTAZIMUTH MOUNT.....	50
A. Marasulov, I.I. Safarov, M.Kh. Tshaev, A.S. Tolep, G.A. Abdraimova PROPAGATION OF NON-STATIONARY WAVES IN A LAYERED VISCOELASTIC CYLINDER.....	63
M. Pakhomov, U. Zhapbasbayev, G. Ramazanova RSM MODEL FOR CALCULATING NON-ISOTHERMAL TURBULENT FLOW OF A VISCOPLASTIC FLUID IN A PIPE.....	79
K. Saurova, S. Nysanbaeva, N. Seidakhmet, G. Turlybekova, K. Astemesova SIMULATION MODELING OF ORBITAL MOTION DYNAMICS SPACE CAR.....	95
E.O. Shalenov, Ye.S. Seitkozhanov, M.M. Seisembayeva, K.N. Dzhumagulova COMPARATIVE ANALYSIS OF SANDWICH AND BACK-CONTACT PEROVSKITE SOLAR CELLS.....	109
L.I. Shestakova, R.R. Spassyyk DESTRUCTION OF COMETS BY THERMAL STRESSES.....	123
S.A. Shomsheikova, M.A. Krugov, Ch.T. Omarov, Y.K. Aimuratov POPULARIZATION OF SCIENCE WITHIN ASTROHUB.....	139

CHEMISTRY

T.K. Jumadilov, G.T. Dyussebayeva, Zh.S. Mukataeva, J.V. Gražulevicius, I.S. Saparbekova FEATURES OF REMOTE INTERACTION BETWEEN HYDROGELS OF POLYMETHACRYLIC ACID AND POLY-2-METHYL-5-VINYLPYRIDINE.....	155
A. Kappasuly, D. Makhayeva, Zh. Kozhantayeva, G. Irmukhametova PREPARATION OF METHACRYLATED ALGINIC ACID FOR THE DEVELOPMENT OF OPHTHALMOLOGICAL DRUG DELIVERY SYSTEMS.....	167
A. Karilkhan, A. Tursynova STUDY OF THE SYNTHESIS OF ISOPULEGOL AND MENTHOL FROM MONOTERPENE CITRONELLAL.....	186
A.A. Kudaibergen, A.K. Nurlybekova, J. Jenis, M.A. Dyusebaeva CHEMICAL CONSTITUENTS OF LIPOSOLUBLE EXTRACT OF ARTEMISIA TERRAE-ALBAE.....	195
M.G. Murzagaliyeva, N.S. Ashimkhan, A.O. Sapieva INVESTIGATION OF COLLOID-CHEMICAL PROCESSES OF WASTERWATER TREATMENT WITH NATURAL ADSORBENTS.....	204
G.F. Sagitova, S.A. Sakibayeva, B.A. Sakybayev, Z.A. Emkulova, V.Yu. Morozova DEVELOPMENT OF SEALING RUBBERS BASED ON BUTADIENE-NITRILE RUBBERS AND FILLERS.....	219
B.S. Serikbayeva, R. Abzhalov, A.V. Kolesnikov, Sh.T. Koshkarbayeva, M.S. Satayev DIRECT PHOTOCHEMICAL SILVERATION OF POLYMERS.....	230

A.T. Takibayeva, O.V. Demets, A.A. Zhorabek, A. Karilkhan, D.A. Rajabova SYNTHESIS AND RESEARCH OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF LUPAN TRITERPENOIDS.....	244
B.R. Taussarova, M.Sh. Suleimenova, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova, L.M. Kalimoldina STUDY OF PROPERTIES OF CELLULOSE TEXTILE MATERIALS BASED ON COPPER NANOPARTICLES.....	259
B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.R. Rakhmetova PRELIMINARY TREATMENT OF THERMAL DEVICES' EMISSIONS IN DECARBONIZATION TECHNOLOGY.....	271
AKISHEV BAYAN RAKISHEVICH (on the 90th anniversary of birth)	283

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

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 work described 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 originality detection service Cross Check <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.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Подписано в печать 29.03.2024.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.