

ISSN 2710-1185 (Online)

ISSN 1813-1107 (Print)

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ  
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ  
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»  
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

# ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

---

---

## ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

---

---

### CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК  
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

**2 (74)**

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2021 г.

ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА

ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ  
2021

Журналдың бас редакторы

Бас директор  
**Д. Е. Фишер**, х.ғ.к.

Редакция кеңесінің мүшелері:

**Ө.Ж. Жүсіпбеков**, проф., т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр.-мүшесі (Қазақстан Республикасы);  
**Б.Н. Абсадықов**, проф., т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр.-мүшесі (Қазақстан Республикасы);  
**А.Р. Хохлов**, проф., ф.-м.ғ.д., РҒА акад. (Ресей); **М.П. Егоров**, проф., х.ғ.д., РҒА акад. (Ресей); **В.С. Солдатов**, проф., х.ғ.д., ҰҒА (Беларусь); **М.Ж. Жұрынов**, проф., х.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан Республикасы); **И.К. Бейсембетов**, проф., э.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан Республикасы); **Қ.Ж. Пірәлиев**, проф., х.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан Республикасы); **Д.Х. Халиков**, проф., х.ғ.д., ТРҒА академигі (Тәжікстан Республикасы); **В.М. Дембицкий**, проф., х.ғ.д., РЖҒА акад. (Ресей); **Л.А. Каюкова**, проф., х.ғ.д. (Қазақстан Республикасы); **В.К. Ю**, проф., х.ғ.д. (Қазақстан Республикасы); **Е.Ф. Панарин**, проф., х.ғ.д., РҒА корр.-мүшесі (Ресей); **Э.Б. Зейналов**, проф., х.ғ.д., Әзірбайжан ҰҒА корр.-мүшесі (Әзірбайжан); **Брахим Елоуди**, PhD, проф., х.ғ.д., Де Ла Рошель университеті (Франция Республикасы); **Х. Темель**, проф., Дикле университеті (Түркия Республикасы); **Б.С. Закиров**, проф., х.ғ.д., Өзбекстан Республикасы ҒА (Өзбекстан Республикасы); **Г.А. Мун**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан Республикасы); **К.Б. Ержанов**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан Республикасы); **Б.Т. Өтелбаев**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан Республикасы); **А.Е. Малмакова**, PhD докторы (Қазақстан Республикасы); **М.Е. Касымова** (бас ғылыми хатшысы).

«Қазақстанның химия журналы»

ISSN 2710-1185 (Online); ISSN 1813-1107 (Print)

Құрылтайшы: Еңбек Қызыл Ту орденді Ө.Б. Бектұров атындағы  
Химия ғылымдары институты

Тіркеу: Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім  
министрлігінде № 3995-Ж 2003 жылғы 25-маусымдағы

2003 жылы құрылған. Жылына 4 рет шығады.

Редакцияның мекен-жайы: 050010 (A26F3Y1), Қазақстан Республикасы, Алматы қ.,  
Ш. Уалханов көшесі, 106. тел. 8 (727) 291-24-64, 8 (727) 291-59-31.  
[ics\\_rk@mail.ru](mailto:ics_rk@mail.ru)

---

© АҚ «Ө.Б. Бектұров атындағы  
Химия ғылымдары институты», 2021

«Қазпошта» АҚ-ның газет-журналдар каталогында немесе оның қосымшаларында  
жазылу индексі **75241**.

Главный редактор

Генеральный директор

**Д. Е. Фишер**, к.х.н.

Редакционная коллегия:

**У.Ж. Джусипбеков**, проф., д.т.н., член-корр. НАН РК (Республика Казахстан);  
**Б.Н. Абсадыков**, проф., д.т.н., член-корр. НАН РК (Республика Казахстан);  
**А.Р. Хохлов**, проф., д.ф.-м.н., акад. РАН (Россия); **М.П. Егоров**, проф., д.х.н., акад. РАН (Россия); **В.С. Солдатов**, проф., д.х.н., акад. НАН Беларуси (Беларусь);  
**М.Ж. Журинов**, проф., д.х.н., акад. НАН РК (Республика Казахстан);  
**И.К. Бейсембетов**, проф., д.э.н., акад. НАН РК (Республика Казахстан);  
**К.Д. Пралиев**, проф., д.х.н., акад. НАН РК (Республика Казахстан); **Д.Х. Халиков**, проф., д.х.н., акад. АН Республики Таджикистан (Таджикистан); **В.М. Дембицкий**, проф., д.х.н., акад. РАЕН (Россия); **Л.А. Каюкова**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **В.К. Ю**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **Е.Ф. Панарин**, проф., д.х.н., член-корр. РАН (Россия); **Э.Б. Зейналов**, проф., д.х.н., член-корр. НАН Азербайджана (Азербайджан); **Брахим Елоуди**, проф., д.х.н., Ph.D, Университет Де Ла Рошель (Французская Республика); **Х. Темель**, проф., Университет Дикле (Турецкая Республика); **Б.С. Закиров**, проф., д.х.н., (Республика Узбекистан); **Г.А. Мун**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **К.Б. Ержанов**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **Б.Т. Утельбаев**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **А. Е. Малмакова**, доктор PhD, **А.Е. Малмакова**, доктор Ph.D (Республика Казахстан); **М.Е.Касымова** (отв. секретарь).

«Химический журнал Казахстана».  
ISSN 2710-1185 (Online); ISSN 1813-1107 (Print)

Учредитель: Ордена Трудового Красного Знамени Институт химических наук  
им. А.Б. Бектурова.

Регистрация: Министерство культуры, информации и общественного согласия Республики  
Казахстан № 3995-Ж от 25 июня 2003 г.

Основан в 2003 г. Выходит 4 раза в год.

Адрес редакции: 050010 (A26F3Y1), г. Алматы, ул. Ш. Уалиханова, 106,  
тел. 8 (727) 291-24-64, 8 (727) 291-59-31.  
[ics\\_rk@mail.ru](mailto:ics_rk@mail.ru)

© АО «Институт химических наук  
им. А. Б. Бектурова», 2021

Подписной индекс **75241** в Каталоге газет и журналов АО «Казпочта» или в дополнении к нему.

Editor in Chief

General director

**D.E. Fisher**, Candidate of Chemical Sciences

Editorial board:

**U.Zh. Dzhusipbekov**, Prof., Doctor of Technical Sciences, Corr. Member of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **B.N. Absadykov**, Prof., Doctor of Technical Sciences, Corr. Member of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **A.R. Khokhlov**, Prof., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of RAS (Russia), **M.P. Egorov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of RAS (Russia), **V.S. Soldatov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of NAS of Belarus (Belarus); **M.Zh. Zhurinov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **I.K. Beisembetov**, Prof., Doctor of Economic Sciences, Academician of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **K.D. Praliyev**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **D.Kh. Khalikov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of ASRT (Tajikistan); **V.M. Dembitsky**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of the RANS; **L.A. Kayukova**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **V.K. Yu**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **E.F. Panarin**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Corr. Member of RAS (Russia); **E.B. Zeynalov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Corr. Member of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan); **Brahim Elouadi**, PhD, Prof., De La Rochelle University (French Republic); **H. Temel**, Prof., Dicle University (Republic of Turkey); **B.S. Zakirov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Uzbekistan); **G.A. Moon**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **K.B. Erzhanov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **B.T. Utelbaev**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **A.E. Malmakova**, Doctor PhD (Republic of Kazakhstan); **M.S. Kassymova** (executive secretary).

«Chemical Journal of Kazakhstan»

ISSN 2710-1185 (Online);

ISSN 1813-1107 (Print)

Founder: Order of the Red Banner of Labor Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov.

Registration: Ministry of Culture, Information and Public Accord of the Republic of Kazakhstan No. 3995-Ж dated June 25, 2003 year.

«Chemical Journal of Kazakhstan» was founded in 2003 year, publishes four issues in a year.

Address of the Editorial board: 050010 (A26F3Y1), Republic of Kazakhstan, Almaty, Sh. Ualikhanov str., 106, A.B. Bekturov Institute of chemical sciences awarded by the Order of Red Banner of Labor, Fax: 8(727)291-24-64. [ics\\_rk@mail.ru](mailto:ics_rk@mail.ru)

---

© JSC «Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov», 2021.

## СИНТЕЗ ПОЛИИМИДОВ АРИЛАЛИЦИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

*А.В. Дружинина*<sup>1,\*</sup>, *М.Ш. Сулейменова*<sup>1</sup>, *О.А. Алмабеков*<sup>1</sup>, *А.К.Кусаинова*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «Алматинский Технологический Университет», Алматы, Казахстан,  
<sup>2</sup>АО «Казахский Национальный Медицинский Университет им С. Д. Асфендиярова»,  
Алматы, Казахстан

\*E-mail: [nasta4330@gmail.com](mailto:nasta4330@gmail.com)

**Резюме:** В статье приведены способы получения полимерных материалов на основе диангидридов тетракарбоновых кислот, полученных при фотохимическом или солнечном облучении из фурана и малеинового ангидрида. Подробно изучена методика синтеза ариналицических полиимидов на основе ангидрид 7-оксобицикло (2,2,1)-гептен-2,3-дикарбоновой кислоты (МАФ) и диаминов: диаминодифенилоксида (ДАДФО) и диокситрифенилдиамина (ДОТФДА) в полярных апротонных растворителях амидного типа в присутствии катализатора основного типа: триметиламина. Природа и реакционная способность исходных мономеров оказывают влияние на процесс получения полиимидов. Найденны оптимальные условия получения полиимидов со значениями характеристической вязкости 1.30-1.64 дл/г. Исследованы физико-химические, электрические и термические свойства синтезированных полиимидов. Установлено, что они обладают повышенной эластичностью, высокой прочностью на разрыв. Удлинение при разрыве полиимидных пленок достигает 30-43%, прочность на разрыв составляет 130-180 МПа. По электрическим свойствам данные полиимиды относятся к разряду среднечастотных диэлектриков. Кроме того, они отличаются термопластичностью в интервале от 210 °С до 250 °С, обладают термостойкостью и не разлагаются при нагревании на воздухе до температур 335-390 °С, а наличие оксидных групп в структуре полимеров способствует повышению растворимости полиимидов.

**Ключевые слова:** полиимиды, диангидриды, малеиновый ангидрид, полимерные материалы, фуран.

### 1. Введение

Создание современных полимерных материалов, обладающих ценными физико-химическими, термопластичными и растворимыми свойствами, является одной из актуальных задач. В этом направлении особый интерес представляют полиимиды ариналицического строения [1,2].

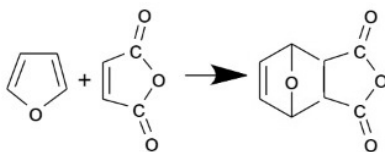
**Citation:** Druzhinina A.V., Suleimenova M.Sh., Almabekov O.A., Kusainova A.K.. Synthesis of polyimides of aryl acyclic structure. *Chem. J. Kaz.*, **2021**, 2(74), 124–132. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.34>

В настоящей работе авторами предложен синтез алициклических и циклоалифатических полиимидов, что позволяет получать высокомолекулярные растворимые полимеры с комплексом ценных свойств. Наличие в полиимидной структуре алициклических и алифатических фрагментов придает полимерам плавкость, растворимость, текучесть, что является важным преимуществом при технологической переработке пластмасс. В качестве исходного соединения для синтеза мономеров рассматриваются фуран и дихлормалеиновый ангидрид. Алициклические диангидриды тетракарбоновых кислот синтезировали фотохимическим способом и солнечным облучением [5]. В Казахстане отсутствует собственное производство исходных мономеров для получения полимеров на основе диангидридов тетракарбоновых кислот. Авторами разработаны условия их получения с использованием возобновляемого энергоресурса – солнечной энергии.

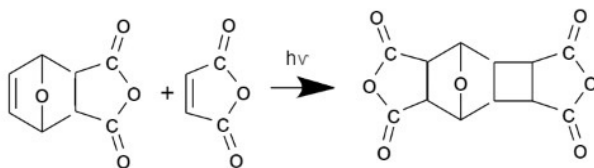
## 2. Экспериментальная часть

Схемы получения диангидридов представлены ниже:

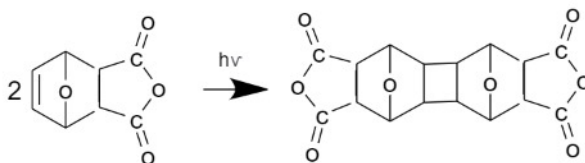
1. Ангидрид 7-оксобцикло (2,2,1)-гептен -2,3-дикарбоновой кислоты (МАФ);



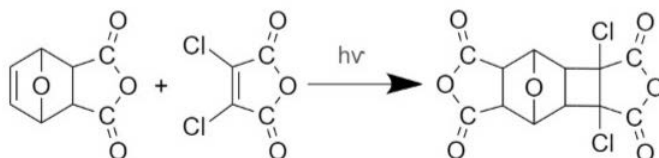
2. Диангидрид 9-оксотрицикло -(4,2,1<sup>1,6</sup>,0<sup>2,5</sup>) -нонан-3,4,7,8-тетракарбоновой кислоты (АФ);



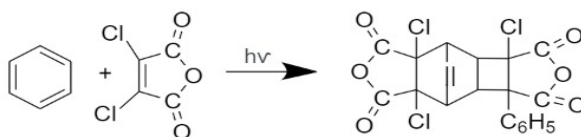
3. Диангидрид 9,14-диоксопентанцикло-(8,2,1<sup>1,11</sup>,1<sup>4,7</sup>,0<sup>2,10</sup>,0<sup>3,8</sup>)-тетрадекан-5,6,12,13-тетракарбоновой кислоты (ДОБГ);



4. Диангидрид 3,4-дихлор-9-оксотрицикло-(4,2,1<sup>1,6</sup>,0<sup>2,5</sup>)-нонан-3,4,7,8-тетракарбоновой кислоты (АФДХ);



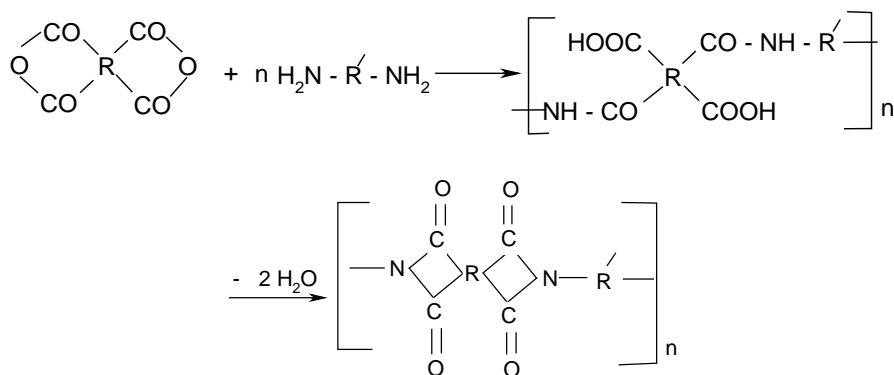
5. Диангидрид 3,7,8-трихлор-4-фенил-трицикло-(4,2,2<sup>1,6</sup>,0<sup>2,5</sup>)-дец-9-ен-3,4,7,8-тетракарбоновой кислоты (АБДХ);



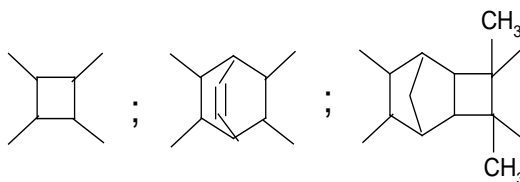
При выполнении экспериментальных работ использовали полный солнечный спектр. Ультрафиолетовая граница спектра дневного света находится около 290 нм, для осуществления процесса применялись также и гелиореакторы, изготовленные из кварцевого или пирексового стекла, пропускающие свет выше 280 нм и обеспечивающие соблюдение необходимого для фотохимической реакции режима. Выходы фотоаддуктов при естественном солнечном облучении составляют 50-70%, что значительно ниже облучения в гелиореакторах (выход составлял 80-90%). Сравнительно небольшой выход объясняется несколькими факторами: закономерностями спектрального распределения солнечной энергии, ее зависимости от высоты подъема солнца в течение светового времени и концентрационной неравномерностью реакционного раствора (в связи с этим были применены магнитные мешалки, а также барботирование инертным газом). Подобраны оптимальные условия синтеза фотоаддукта на основе фурана и дихлормалеинового ангидрида.

Установлено, что на образование фотоаддуктов влияют природа и концентрация сенсibilизатора (бензофенона), продолжительность облучения, среднесуточная температура. Оптимальными являются следующие условия: мольное соотношение фуран: дихлормалеиновый ангидрид равное 1:10, концентрация сенсibilизатора 0.75 моля, продолжительность облучения 6 сут при среднесуточной температуре 22-25°C. Исследования проводились в г. Алматы и ее окрестностях.

На основе синтезированных диангидридов и различных ароматических диаминов получены полиамидокислоты, которые синтезировали двухстадийным способом в среде апротонных полярных растворителей по следующей схеме:



где R -



R<sup>1</sup> – ароматические диамины типа:

-Ar- X- Ar-, -Ar- X-Ar -X-, -Ar -X-, где X = -O-, -CH<sub>2</sub>-, -S- .

Для полиамидокислот найдены оптимальные условия их синтеза. Полиамидокислоты (ПАК) получали в мягких условиях. В процессе выполнения экспериментальных исследований было найдено, что полиимиды с наибольшими значениями приведенной вязкости образуются при концентрации мономеров 25 масс. %, температуре 30 °С за 2 ч. Для реакции полиацилирования в качестве диаминовых компонентов были использованы диаминодифенилоксид (ДАДФО) и диокситрифенилдиамин (ДОТФДА). В качестве ацилирующего компонента использовали ангидрид 7-оксобицикло(2,2,1)-гептен-2,3-дикарбоновой кислоты (МАФ). В оптимальных условиях синтезированы полиимиды (ПИ) со значениями вязкости 1.30 – 1.64 дл/г.

### 3. Результаты и их обсуждение

Особенности строения исходных мономеров, способ синтеза и некоторые другие факторы определяют термические, химические, физико-механические и электрические свойства конечных полимеров.

На основании анализа термографических кривых была дана оценка термической устойчивости синтезированных полиимидов. Установлено, что полиимиды устойчивы на воздухе в интервале температур от 335 до 390 °С. Исследование термомеханических свойств показало, что синтезированные нами полиимиды являются термопластичными, их температуры размягчения находятся в интервале температур 250-280 °С, а температуры разложения в районе 395 °С. При изучении физико-механических свойств



полиимидов установлено, что они обладают повышенной эластичностью, высокой прочностью на разрыв. Удлинение при разрыве полиимидных пленок достигает 30-43%, прочность на разрыв составляет 130-180 МПа. Более эластичными являются полиимиды, синтезированные с использованием диокситрифенилдиамин (ДОТФДА), что может быть обусловлено большой гибкостью макромолекул.

Наличие в полиимидной структуре алициклических и алифатических фрагментов придает полимерам плавкость, растворимость, текучесть, что является важным преимуществом при технологической переработке пластмасс.

В процессе выполнения экспериментальных исследований было найдено, что полиимиды с наибольшими значениями приведенной вязкости образуются при концентрации мономеров 25 масс.%, температуре 110 °С за 3 ч. В оптимальных условиях синтезированы ПИ со значениями вязкости 1.30 – 1.64 дл/г.

С целью количественной оценки каталитического влияния на процесс образования полиимидов были проведены кинетические исследования с привлечением методов УФ- и ИК-спектроскопии. Реакция ацилирования подчиняется закономерностям реакций второго порядка, как в отсутствие, так и в присутствии катализатора - триметиламина [3,4].

Константы скорости реакции ацилирования при температуре 110 °С для реакции ангидрид 7-оксобицикло (2,2,1)-гептен -2,3-дикарбоновой кислоты (МАФ) с ДАДФО и ДОТФДА в присутствии третичных аминов приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Константы скорости ацилирования ДАФБ и ДОТФДА диангидридом МАФ в присутствии 15 масс.% ТМА при температуре 110 °С

Диамин	$K \cdot 10^3, \text{л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$	
	Без катализатора	Катализатор ТМА
ДАДФО	6.8	12.4
ДОТФДА	8.6	16.6

Полученные результаты позволяют констатировать, что природа и реакционная способность исходных мономеров оказывает влияние на процесс получения полиимидов при одностадийном синтезе. Проведенные нами исследования показали, что третичные амины оказывают каталитическое влияние на реакции превращения О-карбоксамидных фрагментов в имидные циклы. Анализ данных показывает, что в присутствии аминов скорость каталитического превращения полиамидокислотных звеньев в имидные увеличивается (при температуре 110 °С  $K \cdot 10^3 = 12.4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ ,  $E_a = 29.2 \text{ кДж/моль}$ , тогда как без катализатора  $K \cdot 10^3 = 6.8 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ ,  $E_a = 40.2 \text{ кДж/моль}$ . Уменьшение  $E_a$  и увеличение константы скорости в триметиламине объясняется его высокой каталитической активностью.

Особенности строения исходных мономеров, способ синтеза и некоторые другие факторы определяют термические, химические, физико-механические и электрические свойства конечных полимеров.

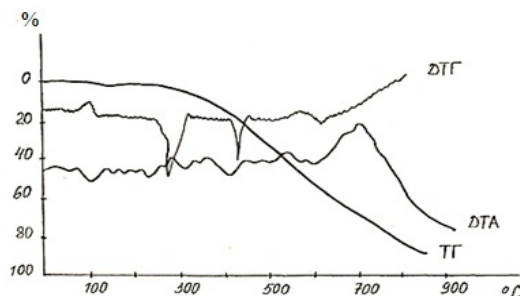
На основании анализа термографических кривых (таблица 2, рисунки 1 и 2) была дана оценка термической устойчивости синтезированных полиимидов. Установлено, что полиимиды устойчивы на воздухе в интервале температур от 335 °С до 390 °С.

**Таблица 2** – Результаты термоустойчивости полиимидов

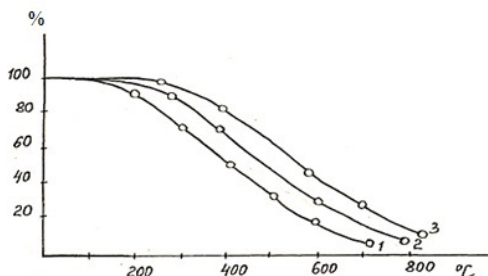
Потери массы при тах, %	Температура максимума	
	МАФ+ДАДФО	МАФ+ДОТФДА
1	95	90
2	260	160
3	475	455

Как видно, термостабильность полимеров в окислительной среде убывает в ряду МАФ+ДАДФО –МАФ+ДОТФДА (260°С –160°С).

Из результатов исследования видно, что природа полиимида оказывает существенное влияние прежде всего на температуру начала термодеструкции.



**Рисунок 1** – Зависимость потери массы (%) ЭДИДФОАБ от температуры (°С).



**Рисунок 2** – Зависимость потери массы(%) эпоксидных смол от температуры(°С):  
1 – ЭДИДФОАИПБ, 2 – ЭДИДФОАХБ, 3 – ЭДИДФОАБ.

Полиимиды отличаются хорошей растворимостью. Более растворимыми являются полиимиды, полученные одностадийным методом: растворимость в ДМАА (диметилацетамид) достигает 40%. Хорошая растворимость полиимидов, полученных из указанных мономеров, объясняется их аморфной структурой.

По электрическим свойствам синтезированные полиимиды относятся к разряду среднечастотных диэлектриков, что позволяет рекомендовать их в качестве электроизоляционных материалов. Наиболее перспективные термоогнестойкие полимерные материалы получают на основе этих полиимидов (термостойкие лаки, эмали, пленки, покрытия и различные пластики конструкционного назначения).

#### 4. Заключение

1. Изучен метод синтеза арилалициклических полиимидов на основе ангидрид 7-оксобицикло (2,2,1)-гептен-2,3-дикарбоновой кислоты (МАФ) и диаминов диаминодифенилоксида (ДАДФО) и диокситрифенилдиамина (ДОТФДА) в полярных апротонных растворителях амидного типа в присутствии катализатора основного типа: триметиламина.

2. Найдены оптимальные условия получения полиимидов со значениями характеристической вязкости 1.30 – 1.64 дл/г.

3. Исследованы физико-химические, электрические и термические свойства синтезированных полиимидов. Показано, что эти полиимиды отличаются термопластичностью в интервале от 210 °С до 250 °С, обладают термостойкостью и не разлагаются при нагревании на воздухе до температур 335-390 °С, а наличие оксидных групп в структуре полимеров способствует повышению растворимости полиимидов.

#### Information about authors:

Druzhinina A.V. – Undergraduate; e-mail: nasta4330@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6928-4633>

Suleimanova M.Sh – Cand. of Chemical Sciences, Head of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Associate Professor; e-mail: s.mariyash@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5455-6475>

Almabekov O.A. – Dr. of Chemical Sciences, Professor, Associate Professor; e-mail: almabekov1942; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-8691>

Kusainova A.K.. – Cand. of Chemical Sciences, Associate Professor; e-mail: almabekov1942; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-8691>

#### Список литературы

1. Жубанов Б.А., Алмабеков О.А., Шпильман Н.Ю. Синтез и исследование мономеров иполимеров, **1983**, 59-72.

2. Баймаханов Г.А., Маймаков Т.П., Шайхутдинов Е.М., Алмабеков О.А. Одностадийный синтез полиимидов на основе диэфиров трициклодеценкарбоновых кислот. *Вестник КазНУ им. аль-Фараби, Сер. Хим.* **2002**, 32(26), 131-135.

3. Жубанов Б.А., Алмабекова А.А., Нурсултанов М., Алмабеков О.А., Шпильман Н.Ю., Кусаинова А.К. Одностадийный синтез гибкоцепных арилалициклических полиимидов, Материалы Международного симпозиума «Современные проблемы высшего образования и науки в области химии и химической инженерии», *Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Sovremennye problemy vysshego obrazovaniya i nauki v oblasti himii i himicheskoy inzhenerii»* [Materials of the Int. Symp. "Modern problems of higher education and science in the field of chemistry and chemical engineering"]. Алматы, 2013, 74-76.

4. Жубанов Б.А., Алмабекова А.А., Нурсултанов М., Алмабеков О.А., Ибрашева Р.К., Кусаинова А.К. Закономерности синтеза полиимидов на основе диангидридов бутантетракарбоновых кислот. Материалы Международного симпозиума «Современные проблемы высшего образования и науки в области химии и химической инженерии», *Materialy Mezhdunarodnogosimpoziuma «Sovremennye problemy vysshego obrazovaniya i nauki v oblasti himii i himicheskoy inzhenerii»*, Алматы, 2013, 72-74.

### Түйіндеме

### АРИЛАЛИЦИКЛДІ ҚҰРЫЛЫМДЫ ПОЛИИМИДТЕР СИНТЕЗІ

**А.В. Дружинина<sup>1,\*</sup>, М.Ш. Сулейменова<sup>1</sup>, О.А. Алмабеков<sup>1</sup>, А.К. Кусаинова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>АО «Алматы технологиялық университеті», Алматы қ., Қазақстан Республикасы,

<sup>2</sup>«С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медициналық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан Республикасы

\*E-mail: nasta4330@gmail.com

Мақалада фуран мен малеин ангидридінен фотохимиялық немесе күн сәулесімен алынған тетракарбон қышқылдарының диангидридтері негізінде полимерлі материалдарды алу әдістері келтірілген. Ангидрид 7-оксобицикло (2,2,1)-гептен - 2,3-дикарбоновой кислоты (МАФ) және диамин диаминодифенилоксид (ДАДФО) және диокситрифенилдиамин (ДОТФДА) негізінде арил-алициклді полиимидтерді амидті типті полярлы апротонды еріткіштерде негізгі типті катализатор:триметил-аминнің қатысуымен синтездеу әдістемесі егжейтегжейлі зерттелген. Бастапқы мономерлердің табиғаты мен реактивтілігі полиимидтерді алу процесіне әсеретеді.

1.30-1.64 дл/г сипаттамалық тұтқырлық мәні бар полиимидтерді өндірудің оңтайлы шарттары табылды. Синтезделген полиимидтердің физика-химиялық, электрлік және термиялық қасиеттері зерттелді. Олардың жоғары эластикалық және үзілуге жоғары беріктілігі анықталды.

Полиимидті қабықшаларды жырту кезінде ұзару 30-43% жетеді, созылу күші 130-180 МПа құрайды. Электрлік қасиеттері бойынша бұл полиимидтер орташа жиілікті диэлектриктер санатына жатады. Сонымен қатар, олар 210 °С-тан 250 °С-қа дейінгі аралықта термопластикалық қасиеттерімен ерекшеленеді, ыстыққа төзімді және ауада 335-390 °С температураға дейін қызған кезде ыдырамайды, полимерлер құрылымында оксидтік топтардың болуы полиимидтердің ерігіштігін арттыруға көмектеседі.

**Түйінді сөздер:** полиимидтер, ангидридтер, малеин ангидриді, полимерлі материалдар, фуран.

## Abstract

## SYNTHESIS OF POLYIMIDES OF ARILACYCLIC STRUCTURE

A.V. Druzhinina<sup>1,\*</sup>, M.Sh. Suleimenova<sup>1</sup>, O.A. Almabekov<sup>1</sup>, A.K. Kusainova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AO «Almaty Technological University», Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>JSC «S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University», Almaty, Kazakhstan

\*E-mail: nasta4330@gmail.com

The article describes methods for producing polymeric materials based on tetracarboxylic acid dianhydrides obtained by photochemical or solar irradiation from furan and maleic anhydride. The procedure of synthesis of aryl-alicyclic polyimides based on 7-oxodicyclo (2,2,1)-hepten -2,3- dicarboxylic acid(MAF) and diaminodiphenyl oxide diamines (DADFO) and dioxytriphenyldiamine (DOTFDA) in polar aprotic amide-type solvents has been studied in detail in the presence of a basic catalyst type: trimethylamine. The nature and reactivity of starting monomers affect the process of obtaining polyimides. The optimal conditions for obtaining polyimides with intrinsic viscosity values of 1.30-1.64 dl/g have been found. Physicochemical, electrical and thermal properties of the synthesized polyimides have been investigated. It was found that they have increased elasticity, high tensile strength. Elongation at break of polyimide films reaches 30-43%, tensile strength is 130-180 MPa. According to their electrical properties, these polyimides are classified as medium-frequency dielectrics. In addition, they differ in thermoplasticity in the range from 210 °C to 250 °C, have thermal stability and do not decompose at heating in air to temperatures of 335-390 °C, and the presence of oxide groups in the structure of polymers increases the solubility of polyimides.

**Keywords:** polyimides, dianhydrides, maleic anhydride, polymeric materials.

## References

1. Zhubanov B.A., Almabekov O.A., Shpil'man N.Yu. *Synthesis and research of monomers and polymers*, Almaty, **1983**, 59-72. (In Russ.).
2. Bajmahanov G.A., Majmakov T.P., Shajhutdinov E.M., Almabekov O.A. One-step synthesis of polyimides based on diesters of tricyclodecene carboxylic acids, *Vestnik KazNU im. al'-Farabi, Ser. Him.* **2002**, 32 (26), 131-135. (In Russ.).
3. Zhubanov B.A., Almabekova A.A., Nursultanov M., Almabekov O.A., Shpil'man N.Yu., Kusainova A.K. One-step synthesis of flexible-chain aryl-alicyclic polyimides, *Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Sovremennye problem vysshego obrazovaniya i nauki v oblasti himii i himicheskoy inzhenerii»* [Materials of the Int. Symp. "Modern problems of higher education and science in the field of chemistry and chemical engineering"]. Almaty, **2013**, 74-76. (In Russ.).
4. Zhubanov B.A., Almabekova A.A., Nursultanov M., Almabekov O.A., Ibrasheva R.K., Kusainova A.K. Regularities of the synthesis of polyimides based on dianhydrides of butane tetracarboxylic acids, *Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Sovremennye problemy vysshego obrazovaniya i nauki v oblasti himii i himicheskoy inzhenerii»* [Materials of the Int. Symp. "Modern problems of higher education and science in the field of chemistry and chemical engineering"]. Almaty, **2013**, 72-74. (In Russ.).

## **Ғылыми жарияланымдардың этикасы**

Редакциялық алқа және "Қазақстанның химия журналы" ғылыми журналының (бұдан әрі – Журнал) бас редакторы "Жарияланымдар жөніндегі этика комитеті" ([Committee on Publication Ethics – COPE](http://publicationethics.org/about)) (<http://publicationethics.org/about>), "Еуропалық ғылыми редакторлар қауымдас­тығы" (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) және "Ғылыми жарияланымдар әдебі жөніндегі комитеттің" (<http://publicet.org/code/>) қабылданған халықаралық стандарттарды ұстанады.

Баспа қызметіндегі әділетсіз тәжірибені болдырмау мақсатында (плагиат, жалған ақпаратты ұсыну және т.б.) және ғылыми жарияланымдардың жоғары сапасын қамтамасыз ету, автордың алған ғылыми нәтижелерін жұртшылықпен тану мақсатында редакциялық кеңестің әрбір мүшесі, автор, рецензент, сондай-ақ баспа процесіне қатысатын мекемелер этикалық стандарттарды, нормалар мен ережелерді сақтауға және олардың бұзылуын болдырмау үшін барлық шараларды қабылдауға міндетті. Осы процеске қатысушылардың барлығының ғылыми жарияланым этикасы ережелерін сақтауы авторлардың зияткерлік меншік құқықтарын қамтамасыз етуге, басылым сапасын арттыруға және авторлық материалдарды жеке тұлғалардың мүддесі үшін заңсыз пайдалану мүмкіндігін болдырмауға ықпал етеді.

Редакцияға келіп түскен барлық ғылыми мақалалар міндетті түрде екі жақты шолудан өтеді. Журнал редакциясы мақаланың журнал профиліне, ресімдеу талаптарына сәйкестігін белгілейді және оны қолжазбаның ғылыми құндылығын айқындайтын және мақала тақырыбына неғұрлым жақын ғылыми мамандандырулары бар екі тәуелсіз рецензент – мамандарды тағайындайтын журналдың жауапты хатшысының бірінші қарауына жібереді. Мақалаларды рецензиялауды редакциялық кеңес және редакциялық алқа мүшелері, сондай-ақ басқа елдердің шақырылған рецензенттері жүзеге асырады. Мақалаға сараптама жүргізу үшін белгілі бір рецензентті таңдау туралы шешімді Бас редактор қабылдайды. Рецензиялау мерзімі 2-4 аптаны құрайды, бірақ рецензенттің өтініші бойынша ол ұзартылуы мүмкін.

**Редакция мен рецензент** қарауға жіберілген жарияланбаған материалдардың құпиялылығын сақтауға кепілдік береді. Жариялау туралы шешімді журналдың редакциялық алқасы рецензиялаудан кейін қабылдайды. Қажет болған жағдайда қолжазба авторларға рецензенттер мен редакторлардың ескертулері бойынша пысықтауға жіберіледі, содан кейін ол қайта рецензияланады. Редакция этика ережелерін бұзған жағдайда мақаланы жариялаудан бас тартуға құқылы. Егер ақпаратты плагиат деп санауға жеткілікті негіз болса, жауапты редактор жариялауға жол бермеуі керек.

**Авторлар** редакцияға ұсынылған материалдардың жаңа, бұрын жарияланбаған және түпнұсқа екендігіне кепілдік береді. Авторлар ғылыми нәтижелердің сенімділігі мен маңыздылығына, сондай-ақ ғылыми этика қағидаттарын сақтауға, атап айтқанда, ғылыми этиканы бұзу фактілеріне жол бермеуге (ғылыми деректерді тұжырымдау, зерттеу деректерін бұрмалауға әкелетін бұрмалау, плагиат және жалған тең авторлық, қайталау, басқа адамдардың нәтижелерін иемдену және т. б.) жауапты болады.

Мақаланы редакцияға жіберу авторлардың мақаланы (түпнұсқада немесе басқа тілдерге немесе басқа тілдерге аударылған) басқа журналға(журналдарға) берме-

генін және бұл материал бұрын жарияланбағанын білдіреді. Әйтпесе, мақала авторларға авторлық құқықты бұзғаны үшін мақаланы қабылдамау туралы ұсыныспен дереу қайтарылады. Басқа автор жұмысының 10 пайызынан астамын оның авторлығын және дереккөзге сілтемесіз сөзбе-сөз көшіруге жол берілмейді. Алынған фрагменттер немесе мәлімдемелер автор мен бастапқы көзді міндетті түрде көрсете отырып жасалуы керек. Шамадан тыс көшіру, сондай-ақ кез-келген нысандағы плагиат, оның ішінде рәсімделмеген дәйексөздер, өзгерту немесе басқа адамдардың зерттеулерінің нәтижелеріне құқықтар иемдену этикалық емес және қолайсыз. Зерттеу барысына қандай да бір түрде әсер еткен барлық адамдардың үлесін мойындау қажет, атап айтқанда, мақалада зерттеу жүргізу кезінде маңызды болған жұмыстарға сілтемелер ұсынылуы керек. Қосалқы авторлардың арасында зерттеуге қатыспаған адамдарды көрсету болмайды.

Егер жұмыста қате табылса, редакторға тез арада хабарлау керек және бірге түзету туралы шешім қабылдау керек.

Қолжазбаны жариялаудан бас тарту туралы шешім рецензенттердің ұсынымдарына сәйкес редакциялық алқа отырысында қабылданады. Редакциялық алқаның шешімімен жариялауға ұсынылмаған мақала қайта қарауға қабылданбайды. Жариялаудан бас тарту туралы хабарлама авторға электрондық пошта арқылы жіберіледі.

Редакциялық алқа мақаланы жариялауға жіберу туралы шешім қабылдағаннан кейін редакция бұл туралы авторға хабарлайды және жариялау мерзімін көрсетеді. Рецензиялардың түпнұсқалары журналдың редакциясында 3 жыл бойы сақталады.

### *Этика научных публикаций*

Редакционная коллегия и главный редактор научного журнала «Химический журнал Казахстана» (далее – Журнал) придерживаются принятых международных стандартов «Комитета этики по публикациям» ([Committee on Publication Ethics – COPE](http://publicationethics.org/about)) (<http://publicationethics.org/about>), «Европейской ассоциации научных редакторов» (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) и «Комитета по этике научных публикаций» (<http://publicet.org/code/>).

Во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (плагиат, изложение недостоверных сведений и др.) и в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, признания общественностью, полученных автором научных результатов, каждый член редакционного совета, автор, рецензент, а также учреждения, участвующие в издательском процессе, обязаны соблюдать этические стандарты, нормы и правила и принимать все меры для предотвращения их нарушений. Соблюдение правил этики научных публикаций всеми участниками этого процесса способствует обеспечению прав авторов на интеллектуальную собственность, повышению качества издания и исключению возможности неправомерного использования авторских материалов в интересах отдельных лиц.

Все научные статьи, поступившие в редакцию, подлежат обязательному двойному слепому рецензированию. Редакция Журнала устанавливает соответствие статьи профилю Журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на первое рассмотрение ответственному секретарю Журнала, который определяет научную ценность рукописи и назначает двух независимых рецензентов – специалистов, имеющих наиболее близкие к теме статьи научные специализации. Рецензирование статей осуществляется членами редакционного совета и редакционной коллегии, а также приглашенными рецензентами других стран. Решение о выборе того или иного рецензента для проведения экспертизы статьи принимает главный редактор. Срок рецензирования составляет 2-4 недели, но по просьбе рецензента он может быть продлен.

**Редакция и рецензент** гарантируют сохранение конфиденциальности неопубликованных материалов присланных на рассмотрение работ. Решение о публикации принимается редакционной коллегией Журнала после рецензирования. В случае необходимости рукопись направляется авторам на доработку по замечаниям рецензентов и редакторов, после чего она повторно рецензируется. Редакция оставляет за собой право отклонить публикацию статьи в случае нарушения правил этики. Ответственный редактор не должен допускать к публикации информацию, если имеется достаточно оснований полагать, что она является плагиатом.

**Авторы** гарантируют, что представленные в редакцию материалы являются новыми, ранее неопубликованными и оригинальными. Авторы несут ответственность за достоверность и значимость научных результатов, а также соблюдение принципов научной этики, в частности, недопущение фактов нарушения научной этики (фабрикация научных данных, фальсификация, ведущая к искажению исследовательских данных, плагиат и ложное соавторство, дублирование, присвоение чужих результатов и др.)

Направление статьи в редакцию означает, что авторы не передавали статью (в оригинале или в переводе на другие языки или с других языков) в другой журнал(ы)



и что этот материал не был ранее опубликован. В противном случае статья немедленно возвращается авторам с рекомендацией отклонить статью за нарушение авторских прав. Не допускается дословное копирование более 10 процентов работы другого автора без указания его авторства и ссылок на источник. Заимствованные фрагменты или утверждения должны быть оформлены с обязательным указанием автора и первоисточника. Чрезмерные заимствования, а также плагиат в любых формах, включая неоформленные цитаты, перефразирование или присвоение прав на результаты чужих исследований, неэтичны и неприемлемы. Необходимо признавать вклад всех лиц, так или иначе повлиявших на ход исследования, в частности, в статье должны быть представлены ссылки на работы, которые имели значение при проведении исследования. Среди соавторов недопустимо указывать лиц, не участвовавших в исследовании.

Если обнаружена ошибка в работе, необходимо срочно уведомить редактора и вместе принять решение об исправлении.

Решение об отказе в публикации рукописи принимается на заседании редакционной коллегии в соответствии с рекомендациями рецензентов. Статья, не рекомендованная решением редакционной коллегии к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Сообщение об отказе в публикации направляется автору по электронной почте.

После принятия редколлекцией Журнала решения о допуске статьи к публикации редакция информирует об этом автора и указывает сроки публикации. Оригиналы рецензий хранятся в редакции Журнала в течение 3 лет.

### *Ethics of scientific publications*

**The editorial board and editor-in-chief of the scientific journal “Chemical Journal of Kazakhstan” (hereinafter - the Journal) adhere to the accepted international standards of “the Committee on Publication Ethics” (COPE) (<http://publicationethics.org/about>), “European Association of Science Editors – EASE” (<http://www.ease.org.uk>) and “Committee on the Ethics of Scientific Publications” (<http://publicet.org/code/>).**

Public recognition of the scientific results obtained by the author, each member of the editorial board, author, reviewer, as well as institutions involved in the publishing process is obliged to comply with ethical standards, norms, and rules and take all measures to prevent violations thereof. This is needed to avoid unfair practice in publishing activities (plagiarism, presentation of false information, etc.) and to ensure the high quality of scientific publications. Compliance with the rules of ethics of scientific publications by all participants in this process contributes to ensuring the rights of authors to intellectual property, improving the quality of the publication, and excluding the possibility of illegal use of copyright materials in the interests of individuals.

All scientific articles submitted to the editorial office are subject to mandatory double-blind review. The editorial board of the Journal establishes the correspondence of the article to the profile of the Journal, the requirements for registration and sends it for the first consideration to the executive secretary of the Journal, who determines the scientific value of the manuscript and appoints two independent reviewers - specialists who have scientific specializations closest to the topic of the article. Reviewing of articles is carried out by members of the editorial board and editorial board, as well as invited reviewers from other countries. The decision on choosing a reviewer for the examination of the article is made by the editor-in-chief. The review period is 2-4 weeks, but it can be extended at the request of the reviewer.

**The editorial board and the reviewer** guarantee the confidentiality of unpublished materials sent for consideration. The decision on publication is made by the editorial board of the Journal after reviewing. The manuscript is sent to the authors for revision based on the comments of reviewers and editors if necessary. After which, it is re-reviewed. The editors reserve the right to reject the publication of an article in case of a violation of the rules of ethics. The executive editor should not allow information to be published if there are sufficient grounds to believe that it is plagiarism.

**The authors** guarantee that the submitted materials to the editorial office are new, previously unpublished, and original. Authors are responsible for the reliability and significance of scientific results, as well as adherence to the principles of scientific ethics, in particular, the prevention of violations of scientific ethics (fabrication of scientific data, falsification leading to distortion of research data, plagiarism, and false co-authorship, duplication, appropriation of other people's results, etc.).

The submission of an article to the Editorial Board means that the authors did not transmit the article (in original or translation into other languages or from other languages) to another journal (s), and this material has not been previously published. Otherwise, the article is immediately returned to the authors with a recommendation to reject the article for copyright infringement. Verbatim copying of more than 10 percent of another author's work is not allowed without indicating his authorship and links to the source. Borrowed fragments or statements must be made with the obligatory indication of

---

---

the author and the source. Excessive borrowing as well as plagiarism in any form, including unofficial quotations, paraphrasing, or appropriation of rights to the results of other people's research, is unethical and unacceptable. It is necessary to recognize the contribution of all persons, who in one way or another influenced the course of the research in particular the article, should contain references to works that were of importance in the conduct of the research. Among the co-authors, it is inadmissible to indicate persons who did not participate in the study.

If an error is found in work, it is necessary to notify the editor and together make a decision on the correction.

The decision to refuse publication of the manuscript is made at a meeting of the editorial board by the recommendations of the reviewers. An article not recommended for publication by the decision of the editorial board is not accepted for reconsideration. The refusal to publish is sent to the author by e-mail.

After the editorial board of the Journal decides on the admission of the article for publication, the editorial board informs the author about it and indicates the terms of publication. The originals of the reviews are kept in the editorial office for three years.

Технический секретарь *К. Д. Мустафинов*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 25.06.2021.  
Формат 70x100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. 9,5 п.л. Бумага офсетная. Тираж 500.

---

Типография ТОО «LuxeMediaGroup»  
г. Алматы, ул. Станиславского, 43