

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

2024 • 2



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**, Ph.D (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

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

**ҚАЛИМОЛДАЕВ 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 № KZ93VPY00025418 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

**МАЛЫМ 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 Жабгаевич**, 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>

© G. Beketova, N. Zhanturina\*, Z. Aimaganbetova, A. Bekeshev, 2024

K. Zhubanov Aktobe Regional University.

E-mail: [nzhanturina@zhubanov.edu.kz](mailto:nzhanturina@zhubanov.edu.kz)

## OPTICAL PROPERTIES OF DOUBLE HALIDE PEROVSKITES BASED ON CESIUM

**G. Beketova** — PhD student, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: [diko\\_2006@mail.ru](mailto:diko_2006@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9213-7586>;

**N. Zhanturina** — PhD, associate professor, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: [nzhanturina@zhubanov.edu.kz](mailto:nzhanturina@zhubanov.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0001-9540-6334>;

**Z. Aimaganbetova** — PhD, associate professor, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: [zukhra.aimaganbetova@mail.ru](mailto:zukhra.aimaganbetova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8765-516X>;

**A. Bekeshev** — candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: [amirbek2401@gmail.com](mailto:amirbek2401@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>.

**Abstract.** This review article describes a class of cesium-based double halide perovskites. Their potential use as solar cell elements and methods for obtaining these materials are considered. General method of synthesis of double halide perovskites is based on dissolved poly-crystalline powder of starting material in hydrohalic (HX, X = Cl or Br)/hypophosphorous acid mixed solvent. The Goldschmidt factors and the octahedral factor are calculated to analyze the stability of the crystal structure and spherical environment for a number of double perovskites. An analysis of the band gap, absorption spectra, and photoluminescence spectra was carried out. Double perovskites are wide-gap semiconductors with direct and indirect band gaps. The bandgap may vary depending on the acquisition method. Absorption spectra lie in the ultraviolet and visible region. Double halide perovskites with a broad absorption spectrum are potential solar cells. Photoluminescence maxima are located from 400 nm to 700 nm. The peak position depends on doping with different ions. The absorption and emission spectra undergo significant changes when mixing double halide perovskites with different cations and changing their ratio. Excellent activators are chromium, silver, magnesium. It is shown that the alloyed double halide perovskites exhibit improved optical properties due to the defect tolerance, synergetic effects and other factors.

**Keywords:** double halide perovskite, solar cells, bandgap, synthesis, Goldschmidt tolerance factor, absorption, photoluminescence, alloyed perovskites

© Г. Бекетова, Н. Жантурина\*, З. Аймаганбетова, А. Бекешев, 2024

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті.

E-mail: nzhanurina@zhubanov.edu.kz

## ЦЕЗИЙГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ҚОСАРЛАНҒАН ГАЛОИДТЫ ПЕРОВСКИТТЕРДІҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

**Г. Бекетова** — PhD докторант, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан  
E-mail: diko\_2006@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9213-7586>;

**Н. Жантурина** — PhD, қауымдастырылған профессор, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: nzhanurina@zhubanov.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9540-6334>;

**З. Аймаганбетова** — PhD, қауымдастырылған профессор, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: zukhra.aimaganbetova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8765-516X>;

**А. Бекешев** — физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: amirbek2401@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>.

**Аннотация.** Бұл шолу мақаласында цезий негізіндегі қосарланған галоидті перовскиттер класы сипатталған. Олардың күн батареяларының элементтері ретінде әлеуетті қолданылуы және осы материалдарды алу әдістері қарастырылады. Қос галогенді перовскиттерді синтездеудің жалпы әдісі гидрохаликалық (НХ, Х=Сl немесе Br)/гипофосфор қышқылының аралас еріткішіндегі бастапқы материалдың ерітілген поли-кристалды ұнтағына негізделген. Голдшмидт факторлары мен октаэдрлік фактор бірқатар қос перовскиттер үшін кристалдық құрылым мен сфералық ортаның тұрақтылығын талдау үшін есептелінген. Тыйым салынған зона еніне, жұтылу спектрлеріне және фотолюминесценция спектрлеріне талдау жүргізілді. Қосарланған перовскиттер-тікелей және жанама тыйым салынған зоналары бар кең зоналы жартылай өткізгіштер. Өткізу қабілеті алу әдісіне байланысты өзгеруі мүмкін. Жұтылу спектрлері ультрафиолет және көрінетін аймақта жатыр. Кең жұтылу спектрі бар қосарланған галоидті перовскиттер потенциалды күн батареялары болып табылады. Фотолюминесценцияның максимумдары 400 нм-ден 700 нм-ге дейін орналасқан. Шыңның орналасуы әр түрлі иондармен белсендірілуіне байланысты. Қосарланған галоидті перовскиттерді әртүрлі катиондармен араластыру және олардың арақатынасын өзгерту кезінде жұтылу және сәуле шығару спектрлері айтарлықтай өзгерістерге ұшырайды. Тиімді активаторлар-хром, күміс, магний. Легирленген қосарланған галоидті перовскиттер ақауларға төзімділікке, синергетикалық әсерлерге және басқа факторларға байланысты жақсартылған оптикалық қасиеттерге ие екендігі көрсетілген.

**Түйін сөздері:** қосарланған галоидті перовскиттер, күн ұяшықтары, тыйым салынған зона, синтез, Гольдшмидтің толеранттылық факторы,



жұтылу, фотолюминесценция, аралас перовскиттер

© Г. Бекетова, Н. Жантурина\*, З. Аймаганбетова, А. Бекешев, 2024

Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова.

E-mail: nzhanaturina@zhubanov.edu.kz

## ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВОЙНЫХ ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕЗИЯ

**Г. Бекетова** — PhD докторант, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актобе, Казахстан

E-mail: diko\_2006@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9213-7586>;

**Н. Жантурина** — PhD, ассоциированный профессор, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актобе, Казахстан

E-mail: nzhanaturina@zhubanov.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9540-6334>;

**З. Аймаганбетова** — PhD, ассоциированный профессор, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актобе, Казахстан

E-mail: zukhra.aimaganbetova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8765-516X>;

**А. Бекешев** — кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актобе, Казахстан

E-mail: amirbek2401@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>.

**Аннотация.** В данной обзорной статье описывается класс двойных галоидных перовскитов на основе цезия. Рассматривается их потенциальное применение в качестве элементов солнечных батарей и способы получения этих материалов. Общий метод синтеза двухгалогенидных перовскитов основан на растворении поликристаллического порошка исходного материала в смеси галогеноводородной кислоты (HX, X=Cl или Br) и фосфористоводородной кислоты. Коэффициенты Гольдшмидта и октаэдрические коэффициенты рассчитаны для анализа стабильности кристаллической структуры и сферического окружения для ряда двойных перовскитов. Был проведен анализ ширины запрещенной зоны, спектров поглощения и спектров фотолюминесценции. Двойные перовскиты представляют собой широкозонные полупроводники с прямой и непрямой запрещенной зоной. Ширина запрещенной зоны может варьироваться в зависимости от метода получения. Спектры поглощения лежат в ультрафиолетовой и видимой областях. Двойные галоидные перовскиты с широким спектром поглощения являются потенциальными солнечными элементами. Максимумы фотолюминесценции расположены в диапазоне от 400 до 700 нм. Положение пика зависит от легирования различными ионами. Спектры поглощения и излучения претерпевают значительные изменения при смешивании двухгалогенидных перовскитов с различными катионами и изменении их соотношения. Эффективными активаторами являются хром, серебро, магний. Показано, что легированные двойные галоидные перовскиты обладают улучшенными оптическими свойствами за счет устойчивости к дефектам, синергетических эффектов и других факторов.

**Ключевые слова:** двойные галоидные перовскиты, солнечные ячейки, запрещенная зона, синтез, фактор толерантности Гольдшмидта, поглощение, фотолюминесценция, смешанные перовскиты

### Introduction

Recently, a lot of research has been carried out in the field of optical properties of perovskites, since they can have anisotropy, they are elements of galvanic, solar cells, due to their perfect optical and electrical properties.

We studied solid-phase synthesis methods, recorded photoluminescence spectra, excitation photoluminescence spectra of lanthanum perovskite, and studied changes in its optical properties when exposed to hydrostatic pressure (Zhanturina et al., 2023). It was shown that the study of luminescence spectra makes it possible to more deeply study transitions between electronic levels, the mechanisms of recombination of electrons and holes, and other processes that will make it possible to obtain materials with improved physicochemical properties.

The next step in improving materials for electroplating, electronics and other applications is the study of the properties of double halide perovskites.

Double halide perovskites are a class of crystalline materials that have a structure similar to perovskite ( $ABX_3$ ), but with one or more ions replacing other ions in that structure, and contain halides (F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>) in as anions X (Fig.1.)

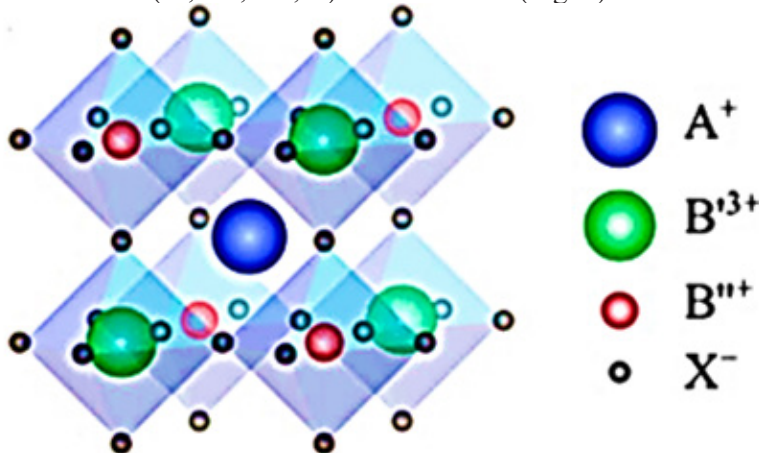


Figure 1 – The structure of double perovskite (Meyer et al., 2018).

By being able to select two different cations in the crystal lattice, finer tuning of structure and properties can be achieved, which can lead to materials with higher performance and new functionalities.

Inorganic halide double perovskites have the common formula  $A_2B'(I)B''(III)X_6$  ( $A = Cs^+$ ,  $Rb^+$ ;  $B'(I)=K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Li^+$ ,  $Ag^+$ ,  $Cu^+$ ;  $B''(III) = In^{3+}$ ,  $Sb^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ;  $X = Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ) are better than lead containing perovskites, which are environmentally friendly materials due to their low chemical stability and high toxicity.

These structures can have various properties such as optical, electrical and magnetic, making them interesting for a variety of applications including solar cells, optical devices and semiconductor electronics.

All inorganic halide perovskites are very popular due to their use in solar cells because of their photovoltaic and photoelectric properties, potential use in photodetectors

and light emitting diodes (LEDs) (Zhao et al., 2019). The photovoltaic properties of double perovskites are due to the fact that these materials emit in a very wide spectral range (400 nm–1100 nm) and have a high absorption coefficient, which makes it possible to achieve high efficiency solar cells, and low effective masses of carriers in these materials (Zelewski et al., 2019).

Their broadband properties attributed to self-trapped excitons (STEs). Their broad lines of emission and region of emission are the result of radiation recombination of excitons (Luo et al., 2018). The presence of self-trapped excitons is due to that fact, that type of material is semiconductor with the soft lattice. The  $\text{Cs}_2\text{AgBiCl}_6$  and  $\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$  perovskites have the emission with big half-width at room temperature (Han et al., 2019).

Band structure calculations show that many of these compounds have a band gap in the range promising for solar cell applications (Zhao et al., 2019).

Since the double halide perovskites are ionic crystals, their charge carriers in the form of electron-phonon coupling are strongly related to lattice vibrations. And this interaction helps to understand electrical and optical properties of double perovskites.

$\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$  is halide double perovskite ( $a \approx 10.47 \text{ \AA}$ ) with cubic structure and direct band gap with value of 3.3–3.5 eV. This double perovskite exhibits weak red photoluminescence, caused by the radiative relaxation of free and self-trapped excitons (Jackson et al., 2019). To increase luminescence intensity activators are used such as transition metal ions and lanthanides.

Transition metals such  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  and ions of Ag are used in alloyed structures to improve physical, chemical and structural properties of double halide perovskites for their potential use in the field of solar elements, phosphors, LED applications (Vargas et al., 2020).

Chromium doped  $\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$  has a broad near infrared emission band ranging from 850 to 1350 nm. The range of emission of pure crystal is located between 400 and 800 nm. Broad emission spectra is attributed by  $\text{Cr}^{3+}$  3d level transitions. Because of this range of emission this material can be used for biological applications. Chromium doped compounds are great of interest and are less investigated (Zhao et al., 2019).

Also of great interest in the study of double halide perovskites are mixed perovskites with three cations, which can significantly expand the absorption spectrum and increase the quantum yield of luminescence due to synergistic effects. For example, these are materials such as  $\text{Cs}_2\text{Na}_x\text{Bi}_{1-x}\text{MnCl}_6$ ,  $\text{Cs}_2\text{Ag}_x\text{Na}_{1-x}\text{InCl}_6$ ,  $\text{Cs}_2\text{Cd}_x\text{Mn}_{1-x}\text{BiCl}_6$ ,  $\text{Cs}_2\text{Na}_{1-x}\text{Ag}_x\text{BiBr}_6$ .

In this minireview, we aim at summarizing the recent advances in double halide perovskites and explore the synthesis, characterization and analyzing of structural and optical properties.

### ***Synthesis methods of double halide perovskites***

General method of synthesis of double halide perovskites is based on dissolved poly-crystalline powder of starting material in hydrohalic (HX, X = Cl or Br)/hypophosphorous acid mixed solvent (Igbari et al., 2019). After heating to 100–200 K, it should be slowly cooled at a rate 0.5 Celcius degrees in an hour (Zelewski et al., 2019).

For the  $\text{Cs}_2\text{AgBiCl}_6$  main reagents are CsCl (2 mmol), AgCl (1 mmol) and BiCl<sub>3</sub> (1 mmol), which are dissolved in hydrochloric acid. By heating to 180 °C for 24 h in an autoclave, further cooling to room temperature with rate of 5–8 °C/h the material is ob-

tained. Final step is filtering and drying in vacuum at 80 °C for 12 h. (Han et al., 2019).

In some cases polycrystalline samples are obtained via solid state synthesis. For this procedure, starting materials – chlorides of composed metals are mixed by stoichiometry ratios and are placed in mortar agate with a pestle, then fired in a silica tube at 500 K for about 40 hours. This material is obtained in the form of pellets (Sun et al., 2021).

For obtaining  $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6:\text{Mn}^{2+}$  sample the following reagents are used: HCl, HBr,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , CsCl, NaCl, and  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Obtained material should be washed by deionized water and dried. For latter process the filter flask is used, because it may be the photoreduction between the forms of Ag (Jackson et al., 2019).

For material  $\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6:\text{Cr}^{3+}$  the reagents are CsCl, AgCl,  $\text{InCl}_3$  and  $\text{CrCl}_3$  with the capacity 99.99 % from Aladdin. They are synthesized by high temperature solid-state reaction. The process has the following steps: firstly reagents are weighed by stoichiometric ratio, mixed in agate mortar during 1–2 hours. Then sample is heated at 400 °C for 96 hours in a muffle furnace. After cooling from room temperature the desired product in the form of powder is obtained (Zhao et al., 2019).

Also  $\text{Cs}_4\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Bi}_2\text{Cl}_{12}$  ( $x = 0-1$ ) can be synthesized by metal halides extraction (CsCl,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ , and  $\text{BiCl}_3$ ) in concentrated hydrochloric acid.

## Results

### *Goldschmidt tolerance factor t*

The crystallographic stability of perovskites is usually inferred by considering two representative parameters, the Goldschmidt tolerance factor (t) (Equation (1)). The Goldschmidt tolerance factor shows the stability of the crystal structure and indicates whether ions will be incorporated into the crystal lattice. For perovskite structures, the Goldschmidt factor should be in the range of approximately 0.8-1. Factor values that do not lie in the specified range indicate that a particular compound may be unstable or unsuccessful in terms of the formation of a crystal structure.

$$t = \frac{(r_A + r_X)}{\sqrt{2}(r_B + r_X)} \quad (1)$$

where  $r_A$ - ionic radii of A cations;  $r_B$  – mean ionic radii of B' and B'' cations,  $r_X$  – ionic radii of Br, Cl.

The octahedral factor  $\mu$  shows how spherically surrounded the ions are in octahedra. Its value should usually be close to 1 (Equation (2)) (Wu et al., 2021)

$$\mu = \frac{r_B}{r_X} \quad (2)$$

We have calculated the values of t and  $\mu$  for some double halide perovskites, as well as for alloyed structures (Table 1).

Table 1- Goldschmidt tolerance factor and octahedral factor for some double halide perovskites

		$t = \frac{(r_A + r_X)}{\sqrt{2}(r_B + r_X)}$	$\mu = \frac{r_B}{r_X}$
1	$\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$	0,8315	0,6354
2	$\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6$	0,8821	0,5414

3	$\text{Cs}_2\text{NaInCl}_6$	0,8821	0,5414
4	$\text{Cs}_2\text{LiBiCl}_6$	0,9576	0,4199
5	$\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$	0,8255	0,5867
6	$\text{Cs}_2\text{AgBiCl}_6$	0,8398	0,6354
7	$\text{Cs}_2\text{NaBiBr}_6$	0,6395	0,5000
8	$\text{Cs}_2\text{CuBiBr}_6$	0,9498	0,3929
9	$\text{Cs}_2\text{AgSbCl}_6$	0,8398	0,6354
Alloyed perovskites			
1	$\text{Cs}_2\text{Li}_x\text{Bi}_{1-x}\text{MnCl}_6$	0,9172	0,4823
2	$\text{Cs}_2\text{Na}_x\text{Bi}_{1-x}\text{MnCl}_6$	0,8928	0,5232
3	$\text{Cs}_2\text{Ag}_x\text{Na}_{1-x}\text{InCl}_6$	0,8830	0,5398
4	$\text{Cs}_2\text{Cd}_x\text{Mn}_{1-x}\text{BiCl}_6$	0,8971	0,5155
5	$\text{Cs}_2\text{Na}_x\text{Ag}_{1-x}\text{BiBr}_6$	0,8521	0,5372

From the table you can see that, basically, all perovskites have factors lying in the indicated intervals. The exception is  $\text{Cs}_2\text{NaBiBr}_6$ . By mixing ions in alloyed structures, the stability of its crystal structure increases. In terms of the octahedral factor, the parameters of the spherical environment are higher for  $\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$ ,  $\text{Cs}_2\text{AgBiCl}_6$ ,  $\text{Cs}_2\text{AgSbCl}_6$ , and the lowest for  $\text{Cs}_2\text{LiBiCl}_6$ ,  $\text{Cs}_2\text{CuBiBr}_6$ . This affects the optical and electrical properties of double perovskites.

#### **Information about bandgap**

According to (Igbari et al., 2019) bandgap values of double halide perovskites depend on the preparation method and calculation technique and are different for the same crystals. For  $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$  the bandgap is in the range 1.22–2.4 eV. Sample with characterization technique Tauc plot and prepared by solution process has the direct bandgap, while others are in the list with indirect bandgap. For  $\text{Cs}_2\text{AgBiCl}_6$  the latter varies up to 2.85 eV. Incorporation of sodium increases bandgap to 3.07 eV in  $\text{Cs}_2\text{NaBiBr}_6$  and to 3.73 eV in  $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6$ .

$\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$  has the direct bandgap in 2.32–3.53 eV range. Bandgap value for  $\text{Cs}_2\text{CuInCl}_6$  is very low and around 1.0–1.5 eV.  $\text{Cs}_2\text{AgSbCl}_6$  can be considered as the wide bandgap semiconductor and pretends to be the perspective solar element (2.24–2.6 eV).

#### **Optical properties**

##### **Absorption**

We analyzed and compared the absorption spectra of various double halide perovskites from different publications and compiled them into one graph for a visual description (Fig. 2).

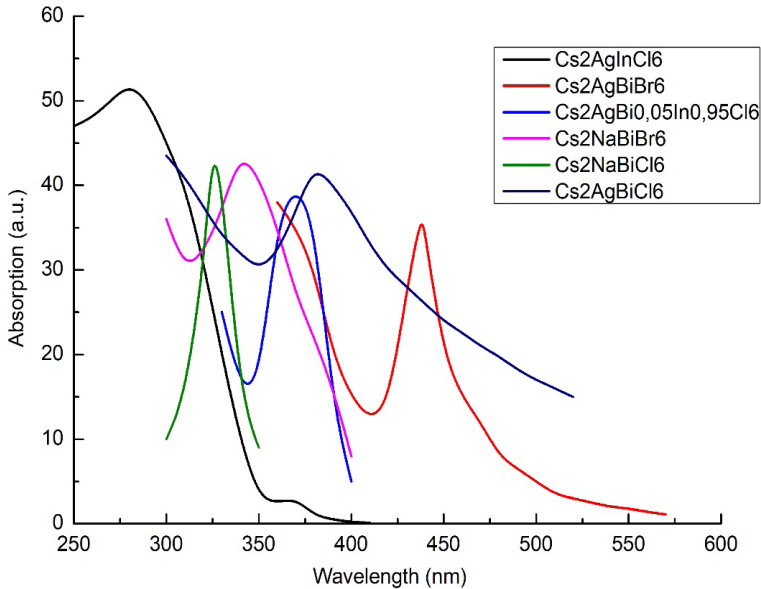


Figure 2 –Absorption spectra of different double halide perovskites (Han et al., 2019; Schmitz et al., 2020; Thawarkar et al., 2021; Dai et al., 2020; Yao et al., 2020).

The figure shows that the absorption spectra of various perovskites lie in different ranges.  $\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$  has a narrow absorption band with a maximum at 280 nm; the band is not pronounced. We observe a long absorption tail and absorption peak at around 370 nm with low intensity, corresponding to the allowed transition and parity-forbidden transition, respectively (Han et al., 2019). The absorption band of  $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$  is in the visible region (438 nm), narrow with a half-width of about 50 nm and quite pronounced (Schmitz et al., 2020). Perovskite  $\text{Cs}_2\text{AgBiCl}_6$  absorbs in the ultraviolet region (373 nm). The spectrum does not have a Gaussian shape and is asymmetrical. The absorption peak is followed by the tail extended to 700 nm (Thawarkar et al., 2021). When this perovskite is doped with iron, the absorption intensity increases. The presence of a tail indicates that the crystal is highly defective when doped with iron. The absorption of  $\text{Cs}_2\text{NaBiBr}_6$  is similar to that of  $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$  and is located in the region of 340 nm; the spectrum is represented by a number of background maxima with low intensity in the region of 340–250 nm. When silver is added to perovskite, depending on the level of doping in the absorption region, the number of bands increases and the region stretches from 250 nm to 625 nm, which makes these materials potentially attractive for use as solar cells, albeit of low intensity and efficiency (Dai et al., 2020). The latest perovskites have this form of absorption due to the indirect bandgap and are not light-emitting materials with high quantum efficiency. The absorption spectrum in ultraviolet region of  $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6$  is at around 350 nm, accompanied by absorption peak due the excitons at 325 nm. It is formed due to  ${}^6s_2 \rightarrow {}^6s_1p_1$  transitions of  $\text{Bi}^{3+}$  ions (Yao et al., 2020). Doping with silver affects the electronic structure of the crystal, while the absorption spectra are shifted to longer wavelengths and the half-width of the spectra becomes wider, while doping with magnesium

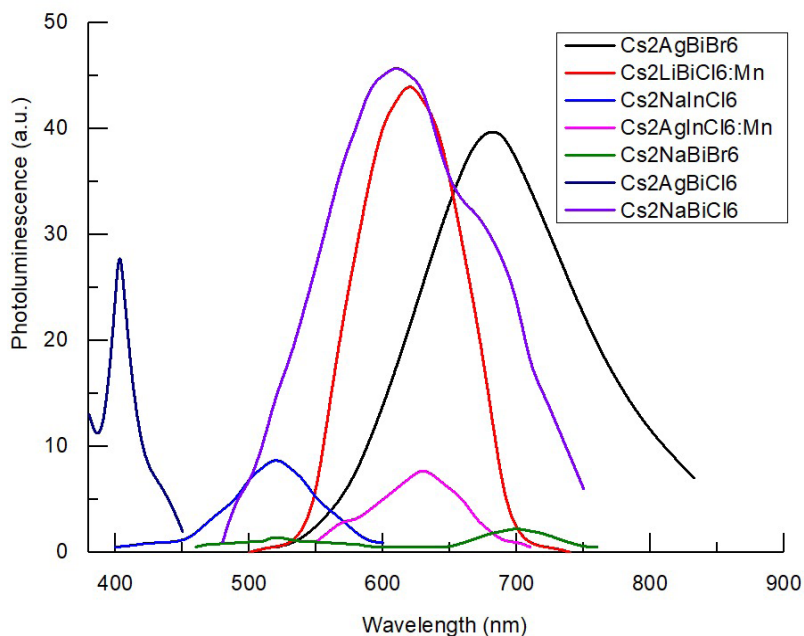
and europium has no effect on the intensity and position of the spectrum. When indium is added to  $\text{Cs}_2\text{AgBiCl}_6$ , that is, in the double perovskite  $\text{Cs}_2\text{AgBi}_{1-x}\text{In}_x\text{Cl}_6$ , at  $x=0.95$ , the band remains at 373 nm, but is deeper and more pronounced. Moreover, as the amount of indium decreases, the absorption maximum tends to disappear.

From the figure you can see that the addition of indium leads to a shift of the absorption band to the ultraviolet region, which is undesirable in the manufacture of solar cells.

From a comparison of absorption spectra, a pattern can be revealed that perovskites with Ag and Bi tend to absorb in the visible region or in the region close to the visible. And crystals with Na absorb more in the ultraviolet region.

#### *Photoluminescence emission spectra*

We analyzed and compared the photoluminescence spectra (PL) of various double halide perovskites from different publications and compiled them into one graph for a visual description (Fig. 3).



*Figure 3* –Photoluminescence spectra of different double halide perovskites.

The PL band of the  $\text{Cs}_2\text{AgBiCl}_6$  crystal lies at a maximum of 412 nm, and when doped with iron, the band shifts to shorter wavelengths (403 nm) (Thawarkar et al., 2021). Time-resolved spectroscopy studies show that the luminescence lifetime in a doped crystal decreases, indicating an increase in non-radiative relaxation.

In  $\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$  crystal activated by Mn, the emission band is observed at 630 nm (Jackson et al., 2019). The high value of the band gap of this material is caused by the covalency of the Ag–Cl bond and it has a three-dimensional electronic structure. When photons are absorbed, electron-hole pairs are instantly formed, which recombine in a short time at  $\text{Mn}^{2+}$  sites. The position of the emission band allows this crystal to be used as

a red phosphor, but the low quantum yield and lack of absorption at wavelengths greater than 350 nm are a major disadvantage of this perovskite. Compared to  $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6$  doped with magnesium, its quantum yield is almost 10 times lower. When doped with chromium ions, the luminescence band shifts to longer wavelengths and the band becomes wider.

The emission band of  $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6$  doped with silver lies in the region of 610 nm, while that of  $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6$  doped with magnesium is at 580 nm (Dai et al., 2020). The intensity saturation of this perovskite with Mn doping is at 14 %, Ag– 25 %.

$\text{Cs}_2\text{NaInCl}_6$  has an excitonic nature of emission, as evidenced by the photoluminescence excitation spectra and white emission in the region of 520 nm with low intensity. When silver is added to this material in the amount of Ag (60 %), the radiation intensity increases (Luo et al., 2018).

The luminescence band of the  $\text{Cs}_2\text{LiBiCl}_6:\text{Mn}$  crystal was obtained at an excitation wavelength of 370 nm and is located in the region of 612 nm (orange-red) (Sun et al., 2021). This corresponds to the  ${}^4\text{T}_1 \rightarrow {}^6\text{A}_1$  transition from the magnesium state, while the undoped crystal has a band at 730 nm from the Bi ion state.

It can be seen that when magnesium is added, the PL band shifts to shorter wavelengths.

The broad luminescence band of  $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$  is in the red region and located around 683 nm. This corresponds to transitions from the indirect zone (indirect bandgap) (Schmitz et al., 2020).

$\text{Cs}_2\text{NaBiBr}_6$  has a luminescence band with very low intensity with a maximum at 700 nm. However, by mixing silver and changing the ratio of components, high intensity can be achieved (Wu et al., 2021).

The large half-width of photoluminescence spectra in double perovskites may indicate several possible physical processes and characteristics of the material: unevenness in crystallite size, defects and imperfections in the structure, instability of the crystal structure. The PL intensity of alloyed perovskite with Ag/Na contamination is higher than that  $\text{Cs}_2\text{AgBiBr}_6$ , where  $\text{Cs}_2\text{NaBiBr}_6$  is not like the Ag based double halide perovskites, that has broad band luminescence in red region.

Total, from (Zhao et al., 2019; Luo et al, 2018; Jackson et al., 2019; Vargas et al., 2020; Su et al., 2021; Wu et al., 2021; Yao et al., 2020) it can be noted that alloyed perovskites with different ratio of Li, Bi, Mg, Na, Ag, In, Cd have a exhibit larger intensity compared to their single-component counterparts due to several reasons: enhanced defect tolerance, tunable bandgap, reduced nonradiative recombination, synergistic effects. Defects can decrease the PL intensity, alloying can mitigate these effects. Due to alloying the absorption range can became broader.

## Conclusion

Double halide perovskites have improved galvanoptical properties compared to perovskites due to the combination of cations. These are semiconductors with wide band gaps in the rang from 1.3 eV to 3.53 eV. General method of synthesis of double halide perovskites is based on dissolved poly-crystalline powder of starting material in hydrohalic (HX, X=Cl or Br)/hypophosphorous acid mixed solvent. Analyzing the Goldschmidt factors and the octahedral factors for a number of double perovskites, we can conclude that, in general, many are located in the range from 0.8 to 1. The exception is  $\text{Cs}_2\text{NaBiBr}_6$ . In terms of the octahedral factor, the parameters of the spherical environment are higher for  $\text{Cs}_2\text{AgInCl}_6$ ,  $\text{Cs}_2\text{AgBiCl}_6$ ,  $\text{Cs}_2\text{AgSbCl}_6$ , and the lowest for  $\text{Cs}_2\text{LiBiCl}_6$ ,  $\text{Cs}_2\text{CuBiBr}_6$ .



This affects the optical and electrical properties of double perovskites. The absorption spectra of these materials lie in the range from 250 nm to 450 nm, the emission spectra are 400–700 nm. The addition of indium leads to a shift of the absorption band to the ultraviolet region; perovskites with Ag and Bi tend to absorb in the visible region or in the region close to the visible. And crystals with Na absorb more in the ultraviolet region. The large width of the absorption spectrum is a good parameter for use as solar cells. It can be noted that alloyed perovskites with different ratio of Li, Bi, Mg, Na, Ag, In, Cd have an exhibit larger photoluminescence intensity, broad absorption spectrum compared to their single-component counterparts due to enhanced defect tolerance, tunable bandgap, reduced nonradiative recombination, synergistic effects. Alloyed double halide perovskites are very promising and interesting materials for further research and potential application in the field of LEDs, lasers, solar elements.

## REFERENCES

- Dai Ch-M., Zhang T., Wu Yu-N., Chen Sh. (2020). Halide Double-Perovskite Light-Emitting Centers Embedded in Lattice-Matched and Coherent Crystalline Matrix., *Adv. Funct. Mater.* — 17:2000653. — DOI:10.1002/adfm.202000653 (in Eng.).
- Edson Meyer, Dorcas Mutukwa, Nyengerai Zingwe and Raymond Taziwa (2018). Lead-Free Halide Double Perovskites: A Review of the Structural, Optical, and Stability Properties as Well as Their Viability to Replace Lead Halide Perovskites Metals, *Metals*. — 8(9):667. — DOI:10.3390/met8090667 (in Eng.).
- Han P., Zhang X., Mao X., Yang B., Yang S., Feng Zh., Wei D., Deng W., Pullerits T., Han K. (2019). Size effect of lead-free halide double perovskite on luminescence property, *Sci China Chem.* — 62:1405–1413. — DOI:10.1007/s11426-019-9520-1 (in Eng.).
- Igbari F., Wang Zh-K., Liao L-Sh. (2019). Progress of Lead-Free Halide Double Perovskites, *Adv. Energy Mater.*, — 9(12):1803150. — DOI:10.1002/aenm.201803150 (in Eng.).
- Jackson D. Majher, Matthew B. Gray, T. Amanda Strom, Patrick M. Woodward (2019). Cs<sub>2</sub>NaBiCl<sub>6</sub>:Mn<sup>2+</sup> - A New Orange-Red Halide Double Perovskite Phosphor, *Chem. Mater.* — 31(5):1738–1744. — DOI:10.1021/acs.chemmater.8b05280 (in Eng.).
- Luo J., Wang X., Li Sh., Liu J., Guo Y., Niu G., Yao L., Fu Y., Gao L., Dong Q., Zhao Ch., Leng M., Ma F., Liang W., Wang L., Jin Sh., Han J., Zhang L., Etheridge L., Wang J., Yan Y., Edward H. Sargent., Tang J. (2018). Efficient and stable emission of warm-white light from lead-free halide double perovskites, *Nature Lett.* — 563(7732):541–545. — DOI:10.1038/s41586-018-0691-0 (in Eng.).
- Schmitz A., Leander Schaberg L., Sirotinskaya S., Pantaler M., Doru C. Lupascu, Benson N., Bacher G. (2020). Fine Structure of the Optical Absorption Resonance in CsAgBiBr Double Perovskite Thin Films, *ACS Energy Lett.* — 5:559–565. — DOI:10.1021/acsenerylett.9b02781(in Eng.).
- Sun Y., Fernandez-Carrion A.J., Liu Y., Yin C., Ming X., Liu Bo-Mei., Wang J., Fu H., Kuang X., Xing X. (2021). Bismuth-Based Halide Double Perovskite Cs<sub>2</sub>LiBiCl<sub>6</sub>: Crystal Structure, Luminescence, and Stability, *Chem. Mater.* — 33:5905–5916. —DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.1c00854> (in Eng.).
- Thawarkar S., Sachin R.Rondiya, Nelson Y. Dzade, Khupse N., Jadkar S. (2021). Experimental and Theoretical Investigation of the Structural and Opto-electronic Properties of Fe-Doped Lead-Free Cs<sub>2</sub>AgBiCl<sub>6</sub> Double Perovskite, *J. Chem.-A European.* — 27(26):7408–7417. — DOI: 10.1002/chem.202004902 (in Eng.).
- Vargas B., Diana T.Reyes-Castillo, Countino-Gonzalez E., Sanchez-Ake C., Ramos C., Falcony C., Solis-Ibarra D. (2020). Enhanced Luminescence and Mechanistic Studies on Layered Double-Perovskite Phosphors: Cs<sub>4</sub>Cd<sub>1-x</sub>MnxBi<sub>2</sub>Cl<sub>12</sub>, *Chem. Mater.* — 32(21):9307–9315. — DOI:10.1021/acs.chemmater.0c03167 (in Eng.).
- Wu H., Erbing A., Malin B. Johansson, Wang J., Kamal Ch., Odelius M., Erik M.J. Johansson (2021). Mixed-Halide Double Perovskite Cs<sub>2</sub>AgBiX<sub>6</sub> (X=Br, I) with Tunable Optical Properties via Anion Exchange, *ChemSusChem.* — 14:4507–4515. — DOI:10.1002/cssc.202101146 (in Eng.).
- Yao M.-M., Wang L., Yao Ji-Song, Wang K-H., Chen Ch., Zhu B-Sh., Yang J-N., Wang J-J., Xu W-P., Zhang Q., Yao H-B (2020). Improving Lead-Free Double Perovskite Cs<sub>2</sub>NaBiCl<sub>6</sub> Nanocrystal Optical Properties via Ion Doping, *Adv. Opt. Mater.* — 8:1901919. — DOI:10.1002/adom.201901919 (in Eng.).

Zelewski S.J., Urban J.M., Surrente A., Maude D.K., Kuc A., Schade L., Johnson R.D., Dollman M., Nayak P.K., Snaith H., Radaelli P., Kudrawiec R., Nicholas R.J., Plochocka P., Baranowski M. (2019). Revealing the nature of photoluminescence emission in the metal-halide double perovskite Cs<sub>2</sub>AgBiBr<sub>6</sub>, *J. Mater. Chem. C*. — 7:8350–8356. — DOI: 10.1039/C9TC02402F (in Eng.).

Zhanturina N., Beketova G., Gorecka N., Szczodrowski K., Lesniewski T., Aimaganbetova Z., Bizhanova K., Bekeshev A. (2023). Luminescence properties of LaAlO<sub>3</sub>:Pr under hydrostatic pressure, *J. Crystals*. — 13(11):1558. — DOI:10.3390/cryst13111558 (in Eng.).

Zhao F., Song Zh., Zhao J., Liu Q. (2019). Double perovskite Cs<sub>2</sub>AgInCl<sub>6</sub>:Cr<sup>3+</sup>: broadband and near-infrared luminescent materials, *Inorg. Chem. Front.* — 6:3621–3628. — DOI:10.1039/c9qi00905a (in Eng.).

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

<b>М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева</b> РУТНОН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ МОДЕЛЬДЕУ.....	7
<b>Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Тоқтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова</b> Q-МЕТРИКА ҚИСЫҚТЫҒЫНЫҢ МЕНШІКТІ МӘНДЕРІ.....	17
<b>Г. Бекетова, Н. Жантурина*, З. Аймаганбетова, А. Бекешев</b> ЦЕЗИЙГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ҚОСАРЛАНҒАН ГАЛОИДТЫ ПЕРОВСКИТТЕРДІҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	31
<b>С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин</b> ЖАЛПЫ БӨЛІМДЕРІ ЖӘНЕ ПРОЦЕСС ҚАРҚЫМЫ $n^{12}C$ .....	43
<b>А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова</b> ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЫНДА ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН БИДИСТИЛЬДЕНГЕН СУ НЕГІЗІНДЕГІ $TiO_2/Al_2O_3$ ГИБРИДТІ НАНОСҰЙЫҚТЫҢ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	52
<b>А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов</b> СИРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН НЕГІЗІНДЕГІ ФОТОСЕЗІМТАЛ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....	63
<b>Е.Т. Кожажулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Үсіпов, К.Т. Көпбай</b> АҚПАРАТТЫҚ ЭНТРОПИЯНЫҢ НЕГІЗІНДЕ САНДЫҚ МОДУЛЯЦИЯНЫ АНЫҚТАУ.....	73
<b>Е.М. Мырзакулов, А.С. Бұланбаева</b> ҚАРА ҚҰРДЫМ ШЕШІМДЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ.....	84
<b>Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Ғазизова</b> ШАҒЫН ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ.....	95
<b>А. Серебрянский, А. Халикова</b> МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНЫП ШОЛУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГТІ ФОТОМЕТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫНАН АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫ ІЗДЕУ.....	103

ХИМИЯ

<b>Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Жұмаділлаева, М.О. Алтынбекова</b> ҚЫШҚЫЛ ОРТАДА ВИСМУТ ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІНЕ АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ЖИЛПІ МЕН ТЫҒЫЗДЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ.....	116
<b>Е.Г. Гилязов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот</b> ТІКЕЛЕЙ АЙДАУДАН АЛЫНҒАН БЕНЗИННІҢ ОКТАН САНЫН АРТТЫРАТЫН ОКСИГЕНАТТАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІ.....	127

<b>Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай</b> ХИМИЯ САБАҚТАРЫНДА ЭЛЕКТРОНДЫҚ БІЛІМ РЕСУРСТАРЫН, ОЙЫН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНЫП ОҚУШЫЛАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІН ЖИЫНТЫҚ БАҒАЛАУ.....	140
<b>Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О. Абилкасова</b> АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ЗАТТАРМЕН ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН ЗЕРТТЕУ.....	152
<b>Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов</b> ҮЙІНДІ КЕНДЕРДЕН МЫС АЛУДЫ БИОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТОТЫҚТЫРУ ӘДІСТЕРІМЕН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	167
<b>Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева</b> БЕЛСЕНДІ АГЕНТТЕРДІ ЖЕТКІЗУ ҮШІН МИКРОКАПСУЛЯЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУДЫҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ МЕН ПОЦЕНЦИАЛЫ: ШОЛУ.....	183
<b>Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурызкулова</b> NI-RU ҚҰРАМДЫ КҮРДЕЛІ ОКСИДТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КОМПОЗИТТЕР ҚҰРАМЫН ЭНЕРГОДИСПЕРСТІ СПЕКТРОСКОПИЯ ӘДІСІМЕН САНДЫҚ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.....	198
<b>С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова</b> ӨРТҮРЛІ СҮЙЫЛТУЛАРДАҒЫ АФС ЕРІТІНДІЛЕРІНДЕГІ ФИЗИКА- ХИМИЯЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕНДІКТІ ЗЕРТТЕУ.....	209
<b>А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева</b> ХИМИЯ ПӘНІНЕН ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕН ҚҰРАСТЫРУДЫҢ ҒЫЛЫМИ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ.....	228
<b>С.Д. Фазылов, О.А. Нұркенов, Ж.С. Нұрмағанбетов, Р.Е. Бәкірова, М.Ж. Жұрынов</b> ЦИКЛОДЕКСТРИНДЕР ХИМИЯЛЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ СУПРАМОЛЕКУЛАЛЫҚ КОНТЕЙНЕРЛЕРІ РЕТІНДЕ.....	241

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

<b>М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTON.....	7
<b>Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Токтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова</b> СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИВИЗНЫ Q-МЕТРИКИ.....	17
<b>Г. Бекетова, Н. Жантурина, З. Аймаганбетова, А. Бекешев</b> ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВОЙНЫХ ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕЗИЯ.....	31
<b>С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин</b> ПОЛНЫЕ СЕЧЕНИЯ И СКОРОСТЬ РАДИАЦИОННОГО $n^{12}\text{C}$ ЗАХВАТА.....	43
<b>А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ ГИБРИДНОЙ НАНОЖИДКОСТИ $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ НА ОСНОВЕ БИДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГИБРИДНОМ СОЛНЕЧНОМ КОЛЛЕКТОРЕ.....	52
<b>А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов</b> СОЗДАТЬ И ИССЛЕДОВАТЬ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	63
<b>Е.Т. Кожугулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Усипов, К.Т. Копбай</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ.....	73
<b>Е.М. Мырзакулов, А.С. Буланбаева</b> РЕШЕНИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ И ИХ ТЕРМОДИНАМИКА.....	84
<b>Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Газизова</b> ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗДАХ.....	95
<b>А. Серебрянский, А. Халикова</b> ПОИСК ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД В МОНИТОРИНГОВЫХ И ОБЗОРНЫХ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	103

ХИМИЯ

<b>Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Джумадуллаева, М.О. Алтынбекова</b> ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И ПЛОТНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВИСМУТОВОГО ЭЛЕКТРОДА В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	116
<b>Е.Г. Гиладжов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот</b> ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИГЕНАТОВ НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА.....	127

<b>Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай</b> СУММАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	140
<b>Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О.Абилкасова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРОДА АЛМАТЫ.....	152
<b>Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ ОТВАЛЬНЫХ РУД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОХИМИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОКИСЛЕНИЯ.....	167
<b>Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева</b> ПРЕИМУЩЕСТВА И ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ДОСТАВКИ АКТИВНЫХ АГЕНТОВ: ОБЗ ОР.....	183
<b>Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурзкулова</b> КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТАВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ NI-RU – СОДЕРЖАЩИХ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ МЕТОДОМ ЭНЕРГОДИСПЕРСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.....	198
<b>С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ РАВНОВЕСИЙ В РАСТВОРАХ АФС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАЗВЕДЕНИЯХ.....	209
<b>А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева</b> НАУЧНО – ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ХИМИИ.....	228
<b>С.Д. Фазылов, О.А. Нуркенов, Ж.С. Нурмаганбетов, Р.Е. Бакирова, М.Ж. Журинов</b> ЦИКЛОДЕКСТРИНЫ КАК СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	241

**CONTENTS**

**PHYSICAL**

<b>M.B. Albatyrova, A.Zh. Alibek, A.S. Zhetpisbayeva</b> MODELING PHYSICAL PHENOMENA USING PYTHON.....	7
<b>N. Beissen, H. Quevedo, S. Toktarbay, M. Zhakipova, M. Alimkulova</b> CURVATURE EIGENVALUES OF THE Q-METRIC.....	17
<b>G. Beketova, N. Zhanturina, Z. Aimaganbetova, A. Bekeshev</b> OPTICAL PROPERTIES OF DOUBLE HALIDE PEROVSKITES BASED ON CESIUM.....	31
<b>S.B. Dubovichenko, N.A. Burkova, A.S. Tkachenko, D.M. Zazulin</b> TOTAL CROSS-SECTIONS AND RATE OF $n^{12}\text{C}$ RADIATIVE CAPTURE.....	43
<b>A. Kassymov, A. Adylkanova, A. Bektemissov, K. Astemessova, G. Turlybekova</b> INVESTIGATION OF VISCOSITY PROPERTIES OF $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ HYBRID NANOFLUID BASED ON BIDISTILLED WATER FOR USE IN A HYBRID SOLAR COLLECTOR.....	52
<b>A.E. Kemelbekova, D.M. Mukhamedshina, K.A. Mit', R.S. Mendykanov, A.K. Shongalova</b> CREATING AND RESEARCH ON PHOTSENSITIVE STRUCTURES USING RARE EARTH METALS.....	63
<b>Y.T. Kozhagulov, D.M. Zhexebay, S.A. Sarmanbetov, N.M. Ussipov, K.T. Kopbay</b> IDENTIFICATION OF DIGITAL MODULATION BASED ON INFORMATIONAL ENTROPY.....	73
<b>Y. Myrzakulov, A. Bulanbayeva</b> A REGULAR BLACK HOLE SOLUTIONS AND THEIR THERMODYNAMICS.....	84
<b>D.M. Nassirova, V.O. Kurmangaliyeva, A.A. Gazizova</b> SOURCES OF ENERGY IN COMPACT STARS.....	95
<b>A. Serebryanskiy, A. Khalikova</b> SEARCH FOR VARIABLE STARS IN MONITORING AND SURVEY PHOTO- METRIC OBSERVATIONS USING MACHINE LEARNING METHODS.....	103

**CHEMISTRY**

<b>B.S. Abzhalov, A.B. Bayeshov, A.K. Mamyrbekova, S.A. Dzhumadullayeva, M.O. Altynbekova</b> INFLUENCE OF AC FREQUENCY AND DENSITY ON THE ELECTROCHEMI- CAL BEHAVIOR OF BISMUTH ELECTRODE IN AN ACID MEDIUM.....	116
<b>Y.G. Gilazhov, D.K. Kulbatyrov, M.D. Urazgalieva, K.R. Maksot</b> EFFICIENCY OF OXYGENATES ON INCREASE OF OCTANE NUMBER OF STRAIGHT-RUN GASOLINE.....	127
<b>D. Zh. Kalimanova, A. K. Mendigaliyeva, A.B. Medetova, O.S. Sembay</b> SUMMATIVE ASSESSMENT OF STUDENTS' RESULTS IN CHEMISTRY LESSONS USING ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES, GAME	

TECHNOLOGIES.....	140
<b>L.M. Kalimoldina, G.S. Sultangazieva, S.O. Abilkasova</b> STUDY OF CHEMICAL POLLUTION LEVEL IN WATER RESOURCES OF ALMATY CITY.....	152
<b>B.K. Kenzhaliev, A.K. Koizhanova, M.B. Yerdenova, D.R. Magomedov, K.M. Smailov</b> OPTIMIZATION OF COPPER EXTRACTION FROM WASTE ORES USING BIOCHEMICAL AND CHEMICAL OXIDATION METHODS.....	167
<b>G.M. Madybekova, T.T. Turebayeva, B.Zh. Mutaliev, D.M. Lesbekova, A.B. Issayeva</b> ADVANTAGES AND POTENTIAL OF USING MICROCAPSULATION METHODS FOR DELIVERY OF ACTIVE AGENTS: A REVIEW.....	183
<b>B.K. Massalimova, B. Janekova, S.M. Naurzkulova</b> QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF COMPOSITES BASED ON NI-RU-CONTAINING COMPLEX OXIDES BY ENERGY-DISPERSED SPECTROSCOPY.....	198
<b>S. Turganbay, A.I. Ilin, D. Askarova, A.B. Jumagaziyeva, Z. Ashimkhanova</b> STUDY OF PHYSICOCHEMICAL EQUILIBRIA IN API SOLUTIONS AT DIFFERENT DILUTIONS.....	209
<b>A.M. Userbayeva, R.G. Ryskaliyeva</b> SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL FOUNDATIONS OF THE PREPARATION OF AN EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEX IN CHEMISTRY.....	228
<b>S.D. Fazylov, O.A. Nurkenov, Zh.S. Nurmaganbetov, R.E. Bakirova, M.J. Jurinov</b> CYCLODEXTRINS AS SUPRAMOLECULAR CONTAINERS OF CHEMICAL COMPOUNDS.....	241



## **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](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 15.06.2024.

Формат 60x88<sup>1/8</sup>. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.