

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

2024 • 4



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

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 Тілекқабыл 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, Корея 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 оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Ноганович, 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-Маджид Хамдард университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжін 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

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

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

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

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

ЖҮСІПОВ 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 № KZ93ZYU00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы құалық.

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

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

ЛОКШИН 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

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (СПША), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктур-рваных 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 ветеринарной медицины ТОО «Научно-производственный центр 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 Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖУСУНОВ 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 Нурғали Жабағевич, 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, Казахстанско-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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

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

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

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

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

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 352 (2024), 82–89

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.309>

UDC 546.5

UDC 548.5

© A.K. Shongalova*, A. Sailaubek, A.E. Kemelbekova, 2024.

Satbayev University, Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: shongalova.aigul@gmail.com

OBTAINING BULK CRYSTALS OF ANTIMONY OXYCHLORIDE AND STUDYING ITS STRUCTURAL CHARACTERISTICS

Shongalova A.K. – PhD, Satbayev University, «Institute of Physics and Technology», Almaty, Kazakhstan, E-mail: shongalova.aigul@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7352-9007>;

Sailaubek A. - master student, Satbayev University, «Institute of Physics and Technology», Almaty, Kazakhstan, E-mail: aididarsailaubekqzy@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-6461-5787>;

Kemelbekova A.E. – PhD, Satbayev University, «Institute of Physics and Technology», Almaty, Kazakhstan, E-mail: a.kemelbekova@sci.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4813-8490>.

Abstract. Antimony oxychloride ($\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$) is a promising material with unique properties, making it applicable in various fields of science and technology. It is widely used in photocatalysis, energy storage in potassium-ion batteries, and as a fire-resistant additive to various materials. These characteristics make this material an essential component for the development of new technologies. This article highlights the importance of synthesis control during the production of antimony oxychloride crystals, as it enables the enhancement of their functional properties.

The article describes the process of obtaining bulk $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$ crystals through hydrothermal synthesis using antimony chloride, glycerin, and hydrazine hydrate. This method is aimed at identifying optimal conditions for producing high-quality crystals. During the research, the structural and morphological characteristics of the obtained material were analyzed using modern methods: X-ray diffraction (XRD), Raman spectroscopy, and scanning electron microscopy (SEM). These methods allowed a comprehensive investigation of the material's structural features and surface morphology.

The study results revealed that $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$ crystals crystallize in a monoclinic phase with the $P2(1)/C$ space group. This structure defines the material's layered organization and dense grain packing, contributing to its unique properties. Furthermore, Raman spectroscopy confirmed the presence of stretching vibrations of Sb–Cl and Sb–O bonds characteristic of the $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$ structure, verifying the material's chemical composition. The presented study fully uncovers the possibilities and advantages of $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$ synthesis for expanding its application potential.

Keywords: antimony oxychloride, photocatalysis, monoclinic phase, hydrothermal synthesis, Raman spectroscopy.

© А.Қ. Шонғалова*, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова, 2024.

Satbayev University, Физика-техникалық институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: shongalova.aigul@gmail.com

СУРЬМА ОКСИХЛОРИДІНІҢ КӨЛЕМДІ КРИСТАЛДАРЫН АЛУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

Шонғалова А.Қ. – PhD, Satbayev University, Физика-техникалық институты, Алматы, Қазақстан, E-mail: shongalova.aigul@gmail.com, ;<https://orcid.org/0000-0002-7352-9007>;

Сайлаубек А. – магистрант, Satbayev University, Физика-техникалық институты, Алматы, Қазақстан, E-mail: aididarsailaubekqyzy@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-6461-5787>;

Кемелбекова А.Е. – PhD, Satbayev University, Физика-техникалық институты, Алматы, Қазақстан, E-mail: a.kemelbekova@sci.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4813-8490>.

Аннотация. Сурьма оксихлориді ($Sb_4O_5Cl_2$) – ерекше қасиеттері арқасында ғылым мен технологияның әртүрлі салаларында қолданылу мүмкіндігі жоғары перспективалы материал. Оның фотокатализде, калий-ионды аккумуляторларда энергияны тиімді сақтауда, сондай-ақ әртүрлі материалдарға отқа төзімді қоспа ретінде кеңінен қолданылатыны белгілі. Мұндай қасиеттері бұл материалды жаңа технологияларды дамытудағы маңызды құрамдас бөлігіне айналдырады. Ұсынылған мақала сурьма оксихлоридінің кристалдарын алу процесіндегі синтезді бақылаудың маңыздылығын ерекше атап көрсетеді, өйткені бұл оның функционалдық сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді.

Мақалада сурьма хлориді, глицерин және гидразингидрат қатысуымен гидротермиялық синтез арқылы $Sb_4O_5Cl_2$ көлемді кристалдарын алу процесі егжей-тегжейлі сипатталған. Бұл әдіс жоғары сапалы кристалдарды алу үшін оңтайлы жағдайларды анықтауға бағытталған. Зерттеу барысында алынған материалдың құрылымдық және морфологиялық сипаттамалары әртүрлі заманауи әдістер көмегімен зерттелді: рентгендік фазалық талдау (XRD), Раман спектроскопиясы және сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM). Бұл әдістер материалдың құрылымдық ерекшеліктері мен оның беткі морфологиясын толықтай зерттеуге мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелері $Sb_4O_5Cl_2$ кристалдарының моноклиндік фазада P2(1)/C кеңістіктік тобымен кристалданатынын анықтады. Бұл құрылым материалдың қабаттық құрылымына және оның дәндерінің тығыз орналасуына байланысты ерекше қасиеттерін айқындады. Сонымен қатар, Раман спектроскопиясы $Sb_4O_5Cl_2$ құрылымына тән Sb–Cl және Sb–O байланыстарының созылу тербелістерінің болуын растады, бұл алынған материалдың химиялық құрылымын дәлелдейді. Ұсынылған зерттеу $Sb_4O_5Cl_2$ материалын қолдану перспективаларын арттыру үшін оны синтездеудің мүмкіндіктері мен артықшылықтарын толық ашып көрсетеді.

Түйін сөздер: сурьма оксихлориді, фотокатализ, моноклиндік фаза, гидротермиялық синтез, комбинациялық шашырау спектроскопиясы.

© А.К. Шонгалова*, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова, 2024.

Satbayev University, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан.

E-mail: shongalova.aigul@gmail.com

ПОЛУЧЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ КРИСТАЛЛОВ ОКСИХЛОРИДА СУРЬМЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

А.К. Шонгалова – PhD, Satbayev University, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан, E-mail: shongalova.aigul@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7352-9007>;

А. Сайлаубек – студент магистратуры, Satbayev University, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан, E-mail: aididarsailaubekqyzy@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-6461-5787>;

А.Е. Кемелбекова – PhD, Satbayev University, Физико-технический институт, Алматы, Казахстан, E-mail: a.kemelbekova@sci.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4813-8490>.

Аннотация. Оксихлорид сурьмы ($Sb_4O_5Cl_2$) — это перспективный материал, обладающий уникальными свойствами, что делает его применимым в различных областях науки и техники. Он широко используется в фотокатализе, хранении энергии в калий-ионных аккумуляторах, а также в качестве огнестойкой добавки к различным материалам. Такие свойства делают этот материал важным компонентом для развития новых технологий. Настоящая статья подчеркивает важность контроля синтеза в процессе получения кристаллов сурьма оксихлорида, так как это позволяет улучшить их функциональные характеристики.

В статье описан процесс получения объемных кристаллов $Sb_4O_5Cl_2$ методом гидротермального синтеза с использованием сурьмы хлорида, глицерина и гидразингидрата. Этот метод направлен на определение оптимальных условий для получения высококачественных кристаллов. В ходе исследования структурные и морфологические характеристики полученного материала изучались с использованием современных методов: рентгенофазового анализа (XRD), рамановской спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии (SEM). Эти методы позволили полностью исследовать структурные особенности материала и его поверхностную морфологию.

Результаты исследования показали, что кристаллы $Sb_4O_5Cl_2$ кристаллизуются в моноклинной фазе с пространственной группой $P2(1)/C$. Эта структура обуславливает слоистое строение материала и плотное расположение зерен, что определяет его уникальные свойства. Кроме того, рамановская спектроскопия подтвердила наличие колебаний растяжения связей $Sb-Cl$ и $Sb-O$, характерных для структуры $Sb_4O_5Cl_2$, что подтвердило химический состав материала. Представленное исследование полностью раскрывает возможности и преимущества синтеза $Sb_4O_5Cl_2$ для расширения перспектив его применения.

Ключевые слова: оксихлорид сурьмы, фотокатализ, моноклинная фаза, гидротермальный синтез, спектроскопия комбинационного рассеяния.

Исследование проведено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант

NO AP 19178659 «Исследование динамики решетки селенида сурьмы методом колебательной спектроскопии»).

Введение

В современном мире развитие новых материалов играет ключевую роль в решении глобальных задач, таких как устойчивое энергетическое развитие и охрана окружающей среды. Создание материалов с уникальными свойствами, такими как высокая фотокаталитическая активность или энергоёмкость, открывает возможности для инновационных технологий в областях энергохранения и экологической безопасности. Таким новым материалом является оксихлорида сурьмы $Sb_4O_5Cl_2$.

Оксихлорид сурьмы $Sb_4O_5Cl_2$ является полупроводниковым материалом с прямой запрещенной зоной 3,12-3,38 эВ (Särnstrand, 1978). Материал кристаллизуется в моноклинной фазе с пространственной группой $P2(1)/C$ при обычных условиях (Makhloufi, 2022). Структура оксихлорида сурьмы состоит из слоев, содержащих оксидные единицы сурьмы, в которых ионы хлора занимают свободный объем между соседними слоями ($Sb_4O_5^{2+}$)_n. Кристаллическая структура имеет важное значение для понимания свойств материала и его поведения в различных приложениях. Одно из наиболее известных применений $Sb_4O_5Cl_2$ — фотокатализ. Было показано, что соединение эффективно разлагает органические загрязнители, такие как красители, под воздействием видимого света (Yang L., 2016). Фотокаталитическая эффективность $Sb_4O_5Cl_2$ была улучшена за счет создания композитов с другими материалами (Das S., 2024). Кроме того, было исследование как потенциальный анодный материал для калий-ионных и хлорид-ионных аккумуляторов (Hu, 2019; Shen, 2024) Смешивание $Sb_4O_5Cl_2$ с MXene (Ti_3C_2) значительно улучшило его электрохимические характеристики, продемонстрировав его пригодность для хранения энергии (Shi, 2022) Еще одно важное применение $Sb_4O_5Cl_2$ — в сенсорных технологиях. Хлопкоподобные трехмерные структуры $Sb_4O_5Cl_2$ продемонстрировали потенциал для обнаружения гидроксида аммония (Toledo, 2023). Соединение было исследовано на предмет его способности удалять загрязняющие вещества из сточных вод. Был разработан композит $Sb_4O_5Cl_2@NbSe_2$, который эффективно адсорбировал ионы хрома (Cr(VI)) и железа (Fe(III)), а также краситель метилоранж из водных растворов. Оптические характеристики позволяет его применение в нелинейной оптике в больших масштабах (Lv, 2020). Термическая стабильность и высокая температура плавления $Sb_4O_5Cl_2$ расширяют его потенциальные применения для огнестойкости. Это свойство в сочетании с его структурными характеристиками делает $Sb_4O_5Cl_2$ ценной добавкой для снижения воспламеняемости в текстиле, пластике и других материалах, где огнестойкость является критически важной проблемой (Pitts, 1970).

Исходя из обзора литературы на данный момент оксихлорид сурьмы был получен гидротермальным методом (Wang, 2000; Su, 2006), гидролизное осаждение (Palden, 2021), ультразвуковой синтез (Huang, 2020), и др. (Komal,

2019; Xu, 2014). Каждый из этих методов имеет определенные преимущества с точки зрения контроля свойств и морфологии материала.

В данной работе представлена новый рецепт гидротермального синтеза, что позволило получить объемные кристаллы оксихлорида сурьмы. Полученные кристаллы были исследованы методами рентгенофазного анализа, спектроскопией комбинационного рассеяния света и сканирующей электронной микроскопией.

Материалы и методы

Получение кристаллов

Композитный материал получали гидротермальным методом. Для приготовления раствора применены следующие реагенты: хлорид сурьмы $SbCl_3$ (Sigma-Aldrich, 99%), глицерин (ФАРМ, 98%), гидразингидрат (Скат, массовая доля гидразингидрата 65%). 0.152г порошка $SbCl_3$ засыпали в 15 мл глицерина. Затем смесь переносили в тефлоновый стакан (вкладыш автоклава). Для растворения смесь перемешивали на магнитной мешалке на протяжении часа, добавляя 2 мл гидразингидрата. Стакан перенесли в основной корпус автоклава, крышка плотно закрывается и помещается в микроволновый электрический нагреватель (BERGHOF, Германия). Раствор держали при температуре 150 °С в течение 12 часов. После окончания процесса осадок отфильтровывали с помощью фильтровальной бумаги. Осадок промывали разбавленной соляной кислотой в дистиллированной воде. Затем осадок промывали этиловым спиртом и высушивали при температуре 60 °С в вакуумной печи в течение 5 часов.

Характеристика структуры образцов

Данные рентгеновской порошковой дифракции были получены с использованием системы Дрон-6 (Россия) с монохроматическим $Sb_4O_5Cl_2$ излучением ($10^\circ < 2\theta < 80^\circ$), работающим при 40 кВ.

Спектры комбинационного рассеяния были сняты при комнатной температуре с монохроматическим излучением 632,8 нм с помощью LabRaman HR 800 (Horiba, Япония). Элементный анализ и морфологию исследовали на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSPM-5200 (Япония).

Результаты и обсуждение

На рисунке 1а) представлен один из выращенных кристаллов. Образцы представляют из себя слоенную структуру и хорошо отслаиваются при механическом воздействии, что соответствует их кристаллической структуре. Морфология поверхности (рис. 1б) указывает на образование зернистой структуры с относительно гладкой поверхностью зерен. Зерна расположены достаточно плотно, что может свидетельствовать о высокой степени кристалличности материала. Из поперечного сечения образцов (рис. 1в) была рассчитана средняя арифметическая толщина равной приблизительно 200 мкм. Результаты элементного анализа показали: Sb – 38 ат.%, O – 45 ат.%, Cl – 17 ат.%

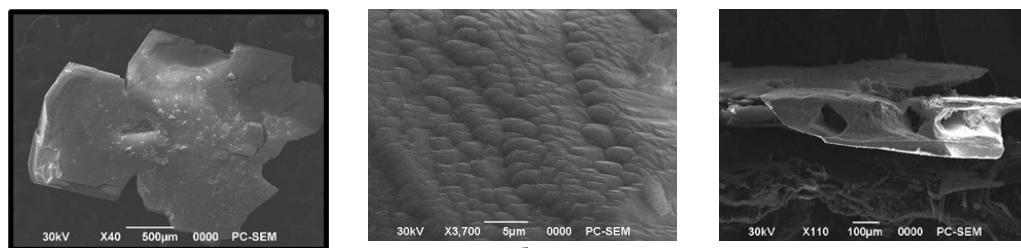


Рис 1. Изображение кристалла, полученные СЭМ: а) выращенный кристалл методом гидротермального осаждения, б) морфология поверхности при $\times 3\,700$ увеличении, в) поперечное сечение

Кристаллическая фаза образцов была подтверждена рентгеновской дифракцией и определено как моноклинная структура с пространственной группой $P2(1)/C$ (номер карты порошковой дифракции: 01-073-1534), с параметрами решетки $a = 6,229 \text{ \AA}$, $b = 5,103 \text{ \AA}$, $c = 13,530 \text{ \AA}$. Полученный результат аналогичен с другими работами (Toledo R. P., 2023). Средний размер кристаллитов составляет 29 нм. Размер кристаллитов было определено с использованием уравнения Шеррера $D = K\lambda / (\beta \cos\theta)$, где D – размер кристаллитов (нм), K – постоянная Шеррера ($K=0.9$), λ – длина волны рентгеновского излучения (0,154 нм), β – полуширина пика (радианы).

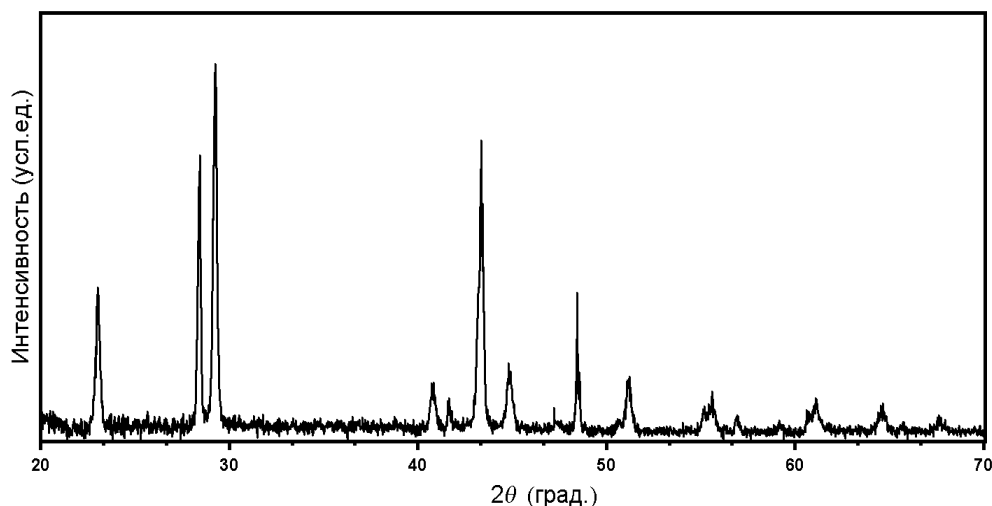


Рис 2. Рентгеновская дифрактограмма кристаллов $Sb_4O_5Cl_2$

Спектр комбинационного рассеяния образца показан на рисунке 2. Спектр демонстрирует острые пики приблизительно 114 , 141 и 174 см^{-1} , которые связывают с валентными колебаниями $Sb-Cl$ связей, в то время как пики между 211 и 273 см^{-1} связаны с колебаниями связей $Sb-O$ структур $Sb_4O_5Cl_2$ (Toledo

R. P., 2023). Также, полосы при $\sim 364, 387, 466 \text{ см}^{-1}$, приписывают колебаниям, вызванным деформацией связей Sb-O-Sb, рассматриваемых как симметричные или асимметричные комбинации валентных колебаний (Warzycha K., 2021) Полученные результаты согласуются с предыдущими работами (Shi Y., 2022, Warzycha K., 2021) и дополнительно подтверждают выводы рентгенофазной дифракции.

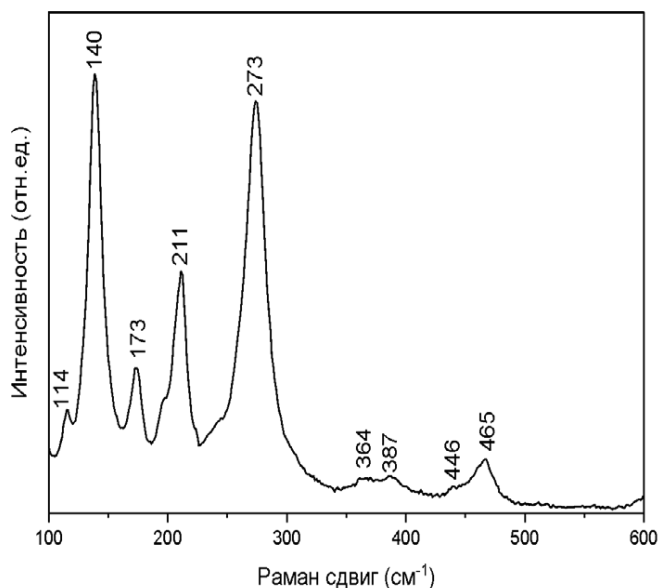


Рис 3. Спектр комбинационного рассеяния света кристалла

Заключение

Таким образом, объемные кристаллы оксихлорида сурьмы были получены гидротермальным методом. Образцы кристаллизовались в моноклинную решетку с пространственной группой $P2(1)/C$. Полученная фаза была подтверждена спектрами комбинационного рассеяния света. Однако, комбинации ножничных, вливающих и скручивающих деформационных колебаний появляются при более низких сдвигах комбинационного спектра. Точная корреляция мод комбинационного рассеяния света с пиками в спектрах может быть осуществлена путем теоретического расчета спектров на основе извлеченных кристаллических структур. Эти расчеты станут одной из целей будущих работ.

References

- Särnstrand C. The crystal structure of antimony (III) chloride oxide $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$ //Acta Crystallographica Section B: Structural Crystallography and Crystal Chemistry. – 1978. – Vol 34. – Iss. 8. – p. 2402-2407.
- Makhloufi R., Hachani S. E., Fettah A., Messai B. Wet Chemical Synthesis of $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$ Used as an Effective Photocatalyst for Methylene Blue and Crystal Violet Degradation under Visible Light Irradiation //Annales de Chimie-Science des Matériaux. – 2022. – Vol. 46. – Iss. 2. – p. 69-74.

Yang L., Huang J., Cao L., Shi L., Yu Q., Kong X., Jie Y. pH-regulated template-free assembly of Sb₄O₅Cl₂ hollow microsphere crystallites with self-narrowed bandgap and optimized photocatalytic performance //Scientific reports. – 2016. – Vol. 6. – Iss. 1. – p. 27765.

Das S., Paul S., Sen B., Rudra P., Mondal S., Ali S. I. Development of the Sb₄O₅Cl₂@ NbSe₂ Composite: The Impact of 2H-NbSe₂ Nanoparticles on Sb₄O₅Cl₂ and Their Application for the Removal of Cr (VI)/Fe (III) and Methyl Orange from Wastewater //Inorganic Chemistry. – 2024. – V. 63. – Iss. 5. – p. 2709-2724.

Hu X., Chen F., Wang S., Ru Q., Chu B., Wei C. Electrochemical performance of Sb₄O₅Cl₂ as a new anode material in aqueous chloride-ion battery //ACS Applied Materials & Interfaces. – 2019. – Vol. 11. – Iss. 9. – p. 9144-9148.

Shen K., Lu X., Shen S., Xu P., Zeng Y., Li L., Wang H. Effect of Cobalt on Lifetime of Sb₄O₅Cl₂-Graphene Anode in Chloride-Ion Batteries //ChemSusChem. – 2024. – Vol. 17. –Iss. 8. – p. e202301392.

Shi Y., Zhou D., Wu T., Xiao Z. Deciphering the Sb₄O₅Cl₂-MXene hybrid as a potential anode material for advanced potassium-ion batteries //ACS Applied Materials & Interfaces. – 2022. – Vol. 14. – Iss. 26. – p. 29905-29915.

Toledo R. P., Gonçalves R. A., Baldan M. R., Berengue O. M. Cotton-Like Three-Dimensional Sb₄O₅Cl₂ Structures: Synthesis and Ammonium Hydroxide Sensing //ACS omega. – 2023. – Vol. 8. – Iss. 44. – p. 41295-41301.

Lv S. Y., Chen Y. X., Li X. H., Luo W. F., Wang Y. M., Xu W. X. Sb₄O₅Cl₂ for 34th-order-harmonic mode locking //Optical Materials. – 2020. – Vol. 100. – p. 109635.

Pitts J. J., Scott P. H., Powell D. G. Thermal decomposition of antimony oxychloride and mode in flame retardancy //Journal of cellular plastics. – 1970. – Vol. 6. – Iss. 1. – p. 35-37.

Wang M. Y., Horrocks A. R., Horrocks S., Hall M. E., Pearson J. S., Clegg S. Flame retardant textile back-coatings. Part 1: Antimony-halogen system interactions and the effect of replacement by phosphorus-containing agents //Journal of fire sciences. – 2000. – Vol. 18. – Iss. 4. – p. 265-294.

Su X., Liu Y., Xiao C., Zhang G., Liu T., Qin J., Chen C. A facile, clean and quantitative synthesis of antimony chloride oxide single crystals //Materials Letters. – 2006. – Vol. 60. – Iss. 29-30. – p. 3879-3881.

Palden T., Machiels L., Regadio M., Binnemans K. Antimony recovery from lead-rich dross of lead smelter and conversion into antimony oxide chloride (Sb₄O₅Cl₂) //ACS Sustainable Chemistry & Engineering. – 2021. – Vol. 9. – Iss 14. – p. 5074-5084.

Huang L., Zhang L., Bao D., Jiang X., Li J. Ultrasound-assisted synthesis of rGO/Sb₄O₅Cl₂/Sb₂S₃ for a high photo-catalytic rate //New Journal of Chemistry. – 2020. – Vol. 44. – Iss. 7. – p. 3103-3111.

Komal N. et al. Synthesis, characterization and properties of hierarchically assembled antimony oxyhalides nanonetworks //Materials research express. – 2019. – Vol. 6. – Iss. 6. – p. 065035.

Xu J. L. et al. Research on the preparation of antimony nanoparticles by mechanical ball milling //Key Engineering Materials. – 2014. – Vol. 609. – Iss. 244-249.

Warzycha K. Transition Metal Antimony (III) Oxidehalides. Synthesis, crystal structure and physical characteristics: Thesis. – 2011.

CONTENTS

PHYSICS

- A. Bekeshev, A. Mostovoy, M. Akhmetova, L. Tastanova**
RESEARCH ON THE PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITE MATERIALS
INCORPORATING MODIFIED MINERAL FILLERS.....5
- G. Yensebaeva, I. Makhambayeva, A.Seitmuratov, K. Kanibaikyzy,
Z. Suleimenova**
PROBLEMS ON THE PROPAGATION OF HARMONIC WAVES UNDER
RHEOLOGICAL VISCOUS PROPERTIES OF A MATERIAL.....16
- A.A. Zhadyranova, V. Zhumabekova, U. Ismail, D. Nassirova**
EXPLORING THE POTENTIAL OF YUKAWA USING THE FIZO EFFECT.....33
- A. Istlyaup, L. Myasnikova, A. Lushchik**
COMPUTER SIMULATION OF THE DENSITY OF STATE NaX (X = F, Cl)
NANOOBJECTS.....49
- G.T. Omarova, Zh.T. Omarova**
TO THE ORBITAL DYNAMICS WITH VARIABLE ECCENTRICITY.....61
- A.V. Serebryanskiy, Ch.T. Omarov, G.K. Aimanova, M.A. Krugov**
SPECTRAL OBSERVATIONS OF GEOSTATIONARY SATELLITES AT THE
ASSY-TURGEN OBSERVATORY IN KAZAKHSTAN.....69
- A.K. Shongalova, A. Sailaubek, A.E. Kemelbekova**
OBTAINING BULK CRYSTALS OF ANTIMONY OXYCHLORIDE AND
STUDYING ITS STRUCTURAL CHARACTERISTICS.....82
- S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.M. Izmailova, C.T. Omarov**
INFRARED OBSERVATIONS OF SYMBIOTIC STARS FROM A CISLUNAR
ORBIT: OBJECTIVES AND PROSPECTS.....90

CHEMISTRY

- A. Abdullin, ©N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potapova**
INVESTIGATION OF CHEMICAL RESISTANCE OF ZINC-PHOSPHATE
CEMENT UNDER INFLUENCE OF AGGRESSIVE ENVIRONMENTS.....103
- G. Baisalova, Zh. Tukhmetova, B. Torsykbayeva, A. Shukirbekova, Zh. Ussen**
CHEMICAL CONSTITUENTS OF HEXANE EXTRACT OF LYTHRUM
SALICARIA L. ROOTS.....115

- N. Bolatkyzy, A.B. Amangeldi, B.E. Dyusebaev, G.E. Berganayeva, M.A. Dyusebaeva**
STUDY OF AMINO ACIDS AND FATTY ACIDS IN THE COMPOSITION OF THE AERIAL PART OF RUBUS HYBRID.....125
- A.A. Duisenbay, E.K. Assembayeva, M.O. Kozhakhliyeva, D.E. Nurmukhanbetova, A.Zh. Bozhbanov**
PHYSICOCHEMICAL INDICATORS AND SAFETY OF SOURDOUGH BREAD.....135
- T.K. Jumadilov, G.T. Dyussebayeva, Zh.S. Mukatayeva, J.V. Gražulevicius**
INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL AND CONFORMATIONAL PROPERTIES OF INTERPOLYMER SYSTEMS OF CATIONITE KU-2-8 AND ANIONITE P4VP.....146
- V.N. Kryuchkov, I.V. Volkova, A.V. Mozharova, L.K. Seidaliyeva, F.K. Nurbayeva, K.A. Jumasheva**
MORPHOLOGY OF THE MESONEPHROS IN CARP UNDER EXPERIMENTAL INTOXICATION.....157
- M.K. Kurmanaliev, Zh.D. Alimkulova, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova**
NEW SORBENTS BASED ON TIACROWN ETHERS: PREPARATION AND APPLICATION FOR SILBER EXTRACTION.....168
- M.T. Telmanov, B.Kh. Khussain, A.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy**
CREATION OF DIGITAL TWINS, INCLUDING THE DECARBONISATION MODULE, IN MODELLING AND VISUALISATION OF FLUE GAS CLEANING SYSTEMS IN INDUSTRIAL PLANTS.....179

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова, Л. Тастанова
ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН МИНЕРАЛДЫ ТОЛТЫРҒЫШТАР ҚОСЫЛҒАН
ЭПОКСИДТІК КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН
ЗЕРТТЕУ.....5

Г. Еңсебаева, И. Махамбаева, А. Сейтмұратов, Қ. Қанибайқызы, Ж. Сүлейменова,
МАТЕРИАЛДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ НЕГІЗІНДЕ
ГАРМОНИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУ ЕСЕБІ.....16

А.А. Жадыранова, В. Жумабекова, У. Исмаил, Д. Насирова
ФИЗО ЭФФЕКТИСІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЮКАВА ПОТЕНЦИАЛЫН
ЗЕРТТЕУ.....33

А. Исляуп, Л. Мясникова, А. Лущик
NaX (X = F, Cl) НАНООБЪЕКТІЛЕРІНІҢ КҮЙ ТЫҒЫЗДЫҒЫН
КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ.....49

Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова
АЙНЫМАЛЫ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТІ БАР ОРБИТАЛЫҚ ДИНАМИКАҒА.....61

А.В. Серебрянский, Ч.Т. Омаров, Г.К. Айманова, М.А. Кругов
ҚАЗАҚСТАНДА АССЫ-ТҮРГЕН ОБСЕРВАТОРИЯСЫНДА ГЕОТҰРАҚТЫ
СЕРІКТЕРДІҢ СПЕКТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫ.....69

А.Қ. Шонғалова, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова
СУРЬМА ОКСИХЛОРИДІНІҢ КӨЛЕМДІ КРИСТАЛДАРЫН АЛУ ЖӘНЕ
ОНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....82

С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова, Ч.Т. Омаров
АЙҒА ЖАҚЫН ОРБИТАДАҒЫ СИМБИОТИКАЛЫҚ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ
ИНФРАҚЫЗЫЛ БАҚЫЛАУЛАРЫ: МІНДЕТТЕРІ МЕН БОЛАШАҒЫ.....90

ХИМИЯ

А. Абдуллин, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова
МЫРҒЫШ-ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТІНІҢ АГРЕССИВТІ ОРТАНЫҢ ӘСЕРІНЕ
ХИМИЯЛЫҚ ТӨЗІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....103

Ғ. Байсалова, Ж. Тухметова, Б. Торсыкбаева, А. Шукирбекова, Ж. Усен
LYTHRUM SALICARIA L. ТАМЫРЛАРЫНЫҢ ГЕКСАНДЫ СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ
ХИМИЯЛЫҚ КОМПОНЕНТТЕРІ.....115

- Н. Болатқызы, А.Б Амангелді, Б.Е Дюсебаев, Г.Е Берганаева,
М.А Дюсебаева**
RUBUS HYBRID ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНІҢ ҚҰРАМЫНАН АМИН
ЖӘНЕ МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ.....125
- А.А. Дуйсенбай, Э.К. Асембаева, М.О. Кожახиева, Д.Е. Нурмуханбетова,
А.Ж. Божбанов**
ҰЙЫТҚЫ ҚОСЫЛҒАН НАННЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ
МЕН ҚАУІПСІЗДІГІ.....135
- Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс**
КАТИОНИТ КУ-2-8 ЖӘНЕ АНИОНИТ П4ВП ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК
ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ КОНФОРМАЦИЯЛЫҚ
ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....146
- В.Н. Крючков, И.В. Волкова, А.В. Можарова, Л.К. Сейдалиева,
Ф.К. Нурбаева, К.А. Джумашева**
ЭКСПЕРИМЕНТТІК ИНТОКСИКАЦИЯ КЕЗІНДЕГІ ТҰҚЫ
МЕЗОНЕФРОСЫНЫҢ МОРФОЛОГИЯСЫ.....157
- М.Қ. Құрманалиев, Ж.Д. Алимқұлова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Әбілқасова,**
ТИАКРАУН-ЭФИРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҢА СОРБЕНТТЕР: АЛУ ЖӘНЕ
КҮМІСТІ БӨЛУ ҮШІН ҚОЛДАНУ.....168
- М.Т. Тельманов, Б.Х. Хусаин, А.Х. Хусаин, А.Р. Бродский**
ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗДЕРДІ ҚҰРУ, ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ МОДУЛІМЕН БІРГЕ
ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ ТҮТІН ГАЗДАРЫН ТАЗАРТУ
ЖҮЙЕЛЕРІН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ.....179

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова, Л. Тастанова
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ
НАПОЛНИТЕЛЯМИ.....5

**Г. Енсебаева, И. Махамбаева, А. Сейтмуратов, К. Канибайкызы,
Ж. Сулейменова**
ЗАДАЧИ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИ
РЕОЛОГИЧЕСКИХ ВЯЗКИХ СВОЙСТВАХ МАТЕРИАЛА.....16

А.А. Жадыранова, В. Жумабекова, У. Исмаил, Д. Насирова
ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЮКАВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА
ФИЗО.....33

А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ СОСТОЯНИЯ
НАНООБЪЕКТОВ NaX (X = F, Cl).....49

Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова
К ОРБИТАЛЬНОЙ ДИНАМИКЕ С ПЕРЕМЕННЫМ
ЭКЦЕНТРИСИТЕТОМ.....61

А.В. Серебрянский, Ч.Т. Омаров, Г.К. Айманова, М.А. Кругов
СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ НА
ОБСЕРВАТОРИИ АССЫ-ТУРГЕНЬ В КАЗАХСТАНЕ.....69

С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова, Ч.Т. Омаров
ИНФРАКРАСНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СИМБИОТИЧЕСКИХ ЗВЕЗД
С ОКОЛОЛУННОЙ ОРБИТЫ: ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....82

А.К. Шонгалова, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова
ПОЛУЧЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ КРИСТАЛЛОВ ОКСИХОЛОРИДА СУРЬМЫ И
ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....90

ХИМИЯ

А. Абдуллин, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЦИНК-ФОСФАТНОГО
ЦЕМЕНТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АГРЕССИВНЫХ СРЕД.....103

- Г. Байсалова, Ж. Тухметова, Б. Торсыкбаева, А. Шукирбекова, Ж. Усен**
ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ГЕКСАНОВОГО ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ
LYTHRUM SALICARIA L.....115
- Н. Болаткызы, А.Б Амангелди, Б.Е. Дюсебаев, Г.Е Берганаева,
М.А Дюсебаева**
ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ В
СОСТАВЕ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *RUBUS HYBRID*.....125
- А.А. Дуйсенбай, Э.К. Асембаева, М.О. Кожахиева, Д.Е. Нурмуханбетова,
А.Ж. Божбанов**
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ХЛЕБА
С ЗАКВАСКОЙ.....135
- Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс**
ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И КОНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ КАТИОНИТА КУ-2-8 И АНИОНИТА
П4ВП.....146
- В.Н. Крючков, И.В. Волкова, А.В. Можарова, Л.К. Сейдалиева,
Ф.К. Нурбаева, К.А. Джумашева**
МОРФОЛОГИЯ МЕЗОНЕФРОСА КАРПА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
ИНТОКСИКАЦИИ.....157
- М.К. Курманалиев, Ж.Д. Алимкулова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова**
НОВЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТИАКРАУН-ЭФИРОВ: ПОЛУЧЕНИЕ И
ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЕБРА.....168
- М.Т. Телманов, Б.Х. Хусаин, А.Х. Хусаин, А.Р. Бродский**
СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ, ВКЛЮЧАЯ МОДУЛЬ
ДЕКАРБОНИЗАЦИИ, ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ
ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ.....179

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 13.12.2024.

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

12,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.