

**ИНСТИТУТИ ФИЗИКАЮ ТЕХНИКАИ БА НОМИ С.У. УМАРОВИ
АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. С.У. УМАРОВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
S.U. UMAROV PHYSICAL–TECHNICAL INSTITUTE
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF TAJIKISTAN**



МАВОДҲОИ

**Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ дар мавзуи «Рушд
ва дастовардҳои илми физика дар солҳои истиқлолият»,
бахшида ба 32-солагии Истиқлолияти давлатии
Ҷумҳурии Тоҷикистон**

МАТЕРИАЛЫ

**Республиканской научно-практической конференции «Развитие и
достижения физической науки в годы независимости»,
посвященной 32-летию Государственной независимости
Республики Таджикистан**

PROCEEDINGS

**of the Republican scientific and practical conference «Development
and achievements of physical science in the years of independence»,
dedicated to the 32nd anniversary of the State Independence of the
Republic of Tajikistan**

ДУШАНБЕ – 2023

УДК 538.9, 524.1, 539.1-539.6, 54-72

Маводҳои Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ дар мавзӯи «Рушд ва дастовардҳои илми физика дар солҳои истиқлолият», бахшида ба 32-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон (25-26 августи соли 2023). Душанбе: нашриёти «Дониш», 2023, 241 с.

Материалы Республиканской научно-практической конференции «Развитие и достижения физической науки в годы независимости», посвященной 32-летию Государственной независимости Республики Таджикистан (25-26 августа 2023 г.). Душанбе: изд-во «Дониш», 2023, 241 с.

Proceedings of the Republican scientific and practical conference «Development and achievements of physical science in the years of independence», dedicated to the 32nd anniversary of the State Independence of the Republic of Tajikistan (25-26 August 2023). Dushanbe: Publishing House «Donish», 2023, 241 p.

Дар маҷмуа маводҳои ҷамъ оварда шудаанд, ки аз ҷониби Кумитаи тадорукоти Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ дар мавзӯи «Рушд ва дастовардҳои илми физика дар солҳои истиқлолият», бахшида ба 32-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон қабул гардида, барои иштирок ва маъруза роҳ дода шудаанд. Мухтавои маводҳо доираи васеи масъалаҳои муосир ва мубрами физикию техниро дар бар мегирад. Маҷмуа барои ходимони илмӣ, докторантон, унвонҷӯён, магистрантон, донишҷӯёни ихтисосҳои соҳаи физикаю техника, ҳамчунин ба омӯзгорон ва доираи васеи хонандагоне, ки бо ҷараёни рушди илмҳои физикию техники дар кишвар шинос шудан мехоҳанд, пешбинӣ шудааст.

В сборник включены материалы, которые были приняты Оргкомитетом и допущены к участию в Республиканской научно-практической конференции «Развитие и достижения физической науки в годы независимости», посвященной 32-летию Государственной независимости Республики Таджикистан. Тематика докладов охватывает широкий спектр актуальных проблем физики и техники. Сборник научных трудов рассчитан для научных сотрудников, докторантов, соискателей, магистрантов и студентов старших курсов, специализирующихся в физико-технической области, а также учителей и широкому кругу читателей, интересующихся развитием физической и технической науки в стране.

The collection includes materials that were accepted by the Organizing Committee and allowed to participate in the Republican scientific and practical conference «Development and achievements of physical science in the years of independence», dedicated to the 32nd anniversary of the State Independence of the Republic of Tajikistan. The topics of the reports cover a wide range of topical problems in physics and technology. The collection of scientific papers is intended for researchers, doctoral students, applicants, undergraduates and senior students specializing in the physical and technical field, as well as teachers and a wide range of readers interested in the development of physical and technical science in the country.

Бо қарори Шӯрои олимони Институди физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон нашр мешавад (пр. №9 аз 07.09.2023 з.).

Печатается по решению Ученого совета Физико-технического института им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана (пр. №9 от 07.09.2023 з.).

Published by the decision of the Academic Council of the S.U. Umarov Physical–Technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan (pr. No. 9 of September 7, 2023).

Муҳаррирони масъул – Т.Ҳ. Салихов, Ф. Шокир
Ответственные редакторы – Т.Х. Салихов, Ф. Шокир
Editors-in-chief – T.Kh. Salikhov, F. Shokir

© ИФТ ба номи С.У. Умарови АМИТ, 2023
© ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ, 2023
© S.U. Umarov PhTI of the NAST, 2023

КОНФЕРЕНСИЯИ ИЛМӢ-АМАЛИИ ҶУМӢУРИЯВӢ ДАР МАВЗУИ «РУШД ВА ДАСТОВАРДӢОИ ИЛМИ ФИЗИКА ДАР СОЛӢОИ ИСТИҚЛОЛИЯТ», БАХШИДА БА 32-СОЛАГИИ ИСТИҚЛОЛИЯТИ ДАВЛАТИИ ҶУМӢУРИИ ТОҶИКИСТОН

Дар асри технологияҳои рақамӣ ва зеҳни сунӣ таъсири коркардҳои илмӣ ба кулли соҳаҳои фаъолияти инсон босуръат меафзояд. Аз ин лиҳоз, масъалаи рушди бунёди, босифат ва босуръати илму техника дар замони муосир махсусан мубрам гаштааст. Муҳокимаи оммавии натиҷаҳои илмӣ дар конференсияҳо ва дигар чорабиниҳои илмӣ яке аз ҷузъҳои асосӣ ва заминавии рушди илм ба ҳисоб меравад. Зеро дар раванди баҳсҳои илмӣ махсусан олимони ҷавон собиқаи заруриро дар ин самт пайдо намуда метавонанд, то ки дар фаъолияти минбаъдашон мақтаи илмии тоҷикро дар арсаи байналмилалӣ бо натиҷаҳои амалии рақобатпазир ва бунёди муаррифӣ намоянд.



Санаҳои 25-26 августи соли 2023, тибқи Нақшаи баргузори чорабиниҳои илмӣ, ки бо қарори Раёсати Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон аз санаи 27.03.2023 с. таҳти №69 тасдиқ шудааст, дар Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон Конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ дар мавзӯи «Рушд ва дастовардҳои илми физика дар солҳои истиқлолият», бахшида ба 32-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон баргузор гардид.



Дар ҷаласаи пленарии конференсия мавзӯҳои мубрами физикаю техникаи муосир баррасӣ гардиданд, аз ҷумла – хусусиятҳои термофизикӣ ва термодинамикии хӯлаи алюминий ва оҳани AZh2.18 бо металлҳои нодири зергурӯҳи церий; модели математикии тавлиди мавҷҳои гармӣ дар диэлектрикҳо дар зери шуоъ бо нури ионҳои гармоникӣ; дастовардҳои соҳаи физикаи атмосфера дар солҳои Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон: дурнамои ҳамкорӣ бо марказҳои илмии байналмилалӣ; амсиласозии математикии системаҳои квантӣ бо қимати баланди спин: функсияҳои коррелясионии ҳолатҳои самтнок; коркарди дастгоҳҳо ва усулҳои нави таҳқиқот ва назорати равандҳои коҳишёбии геоматериалҳо ва массаҳои кӯҳӣ ва таҷҳизоти инноватсионӣ барои назорати оперативӣ ва муайян кардани параметрҳои энергетикӣ трансформаторҳои барқӣ ва шиддатнокии энергияи агрегати кории дамқаш.

Дар ҷаласаи бахшҳои конференсия бошад беш аз 60 маводи илмӣ дар ҳошияи мавзӯҳои муосири физикаи назариявӣ ва таҷрибавӣ баррасӣ гардиданд, аз ҷумла дар самтҳои – физикаи назариявӣ ва системаҳои динамикӣ; физикаи атмосфера, тағйирёбии иқлим ва масъалаҳои об; муҳитҳои конденсӣ, маводшиносӣ, нанотехнология ва маводи нав; масъалаҳои энергетикаи таҷдидпазир ва ғайрианъанавӣ; нурҳои кайҳонӣ, физикаи ядрои ва технологияҳо; физикаи тиббӣ ва биологӣ ва ғ.

Ёдрас мешавем, ки дар конференсияи мазкур иштирокчиён аз муассисаҳои илмӣ ва таълимии кишварҳои дигар низ ширкат варзиданд, аз ҷумла – Донишгоҳи миллии Аврусиё ба номи Л.Н.Гумилёв, Донишгоҳи таҳқиқоти агротехникии Қазоқистон ба номи С.Сейфуллин, Институти стандартизатсия ва метрологияи Қазоқистон (Ҷумҳурии Қазоқистон); Донишгоҳи Лусофон ва Донишгоҳи Нова (Португалия); Донишгоҳи Дубна, Институти муттаҳидаи таҳқиқоти ҳастаии ш. Дубна, Институти физикаю техникаи ба номи А.Ф.Иоффеи Академияи илмҳои Россия (Федератсияи Россия); Донишгоҳи давлатии Самарқанд, Донишгоҳи меъморӣ ва сохтмони Самарқанд (Ҷумҳурии Ўзбекистон).



Аз фурсат истифода бурда, аз номи Кумитаи тадорукот ба ҳамаи иштирокчиён ва меҳмонони конференсия барои мусоидати фаъолонашон дар баргузори он, гузоришҳои пурмазмун ва баҳсҳои пурсамари илмӣ изҳори сипос менамоем.

Дар интиҳо, аз номи ҳайати кормандони Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, тамоми иштирокчиёни конференсия ва ҳамватанонро ба муносибати **32-умин солгарди Истиқлолияти**

давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон табрик намуда, ба ҳар яке аз онҳо ободӣ, комёбӣ ва муваффақиятҳои илмиро баҳри рушди кишварамон таманно дорем.



*Бо эҳтиром ва умеди ҳамкориҳои оянда
муҳаррирони масъул:
Т.Ҳ.Салихов – д.и.ф.м., профессор, узви вобастаи
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон;
Ф.Шокир – директори ИФТ ба номи С.У.Умарови
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.*

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РАЗВИТИЕ И ДОСТИЖЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАУКИ В ГОДЫ НЕЗАВИСИМОСТИ», ПОСВЯЩЕННАЯ 32-ЛЕТИЮ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

В век цифровых технологий и искусственного интеллекта стремительно возрастает влияние науки во все сферы человеческой деятельности. Поэтому вопросы стратегии развития науки и технологий являются особенно актуальными. Публичные дискуссии научных результатов являются одним из основных и базовых составляющих развития науки. Так как в процессе научных дискуссий особенно для молодых кадров предоставляется уникальная возможность приобретения бесценного опыта и необходимой подготовки для повышения качества их исследований и научных результатов.



25-26 августа 2023 года, согласно Плану проведения научных мероприятий, утверждённого решением Президиума Национальной академии наук Таджикистана от 27 марта 2023 года, под №69 в Физико-техническом институте им. С.У.Умарова Национальной академии наук Таджикистана состоялась Республиканская научно-практическая конференция «Развитие и достижения физической науки в годы независимости», посвященная 32-летию

Государственной независимости Республики Таджикистан.

В пленарной части конференции были заслушаны и обсуждены доклады, посвященные актуальным вопросам физико-технической области, в том числе – теплофизические и термодинамические свойства алюминиево-железowego сплава АЖ2.18 с редкоземельными металлами цериевой подгруппы; математическая модель генерации тепловых волн в диэлектриках при облучении гармонически модулированным ионным пучком; достижения в области физики атмосферы в годы независимости Республики Таджикистан: перспективы сотрудничества с международными научными центрами; математическое моделирование квантовых систем с высоким значением спина: корреляционные функции ориентированных состояний; разработка новых установок и методов исследования и контроля процессов разрушения геоматериалов и горных массивов; инновационные устройства для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов и энергоёмкости работы насосного агрегата.



В секционных заседаниях конференции были заслушаны и обсуждены более 60 научных докладов, посвященных актуальным вопросам теоретической и

экспериментальной физики, в том числе по следующим направлениям – теоретическая физика, динамические системы; физика атмосферы, изменение климата и водные проблемы; конденсированные среды, материаловедение, нанотехнологии и новые материалы; проблемы возобновляемой и нетрадиционной энергетики; космические лучи, ядерная физика и технологии; медицинская и биологическая физика.



Напомним, что в конференции участвовали также представители НИИ и ВУЗ-ов зарубежных стран в том числе – Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилёва, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, Казахстанский институт стандартизации и метрологии (Республика Казахстан); Университет Лусофоны и Университет Нова (Португалия); Объединенный институт ядерных исследований г.Дубна,

Университет Дубна, Физико-технического института им А.Ф.Иоффе Российской академии наук (Российская Федерация); Самаркандский архитектурно-строительный университет, Самаркандский государственный университет (Республика Узбекистан).

Пользуясь случаем, от имени Оргкомитета выражаем благодарность всем участникам и гостям конференции за активное содействие её проведению, содержательные доклады и плодотворные научные дискуссии.

В конце, от имени коллектива Физико-технического института им. С.У.Умарова Национальной академии наук Таджикистана поздравляем всех участников конференции и наших сограждан с наступающим 32-летием Государственной независимости Республики Таджикистан, желаем всем благополучия, успехов и научных успехов во благо развития нашей страны.



*С наилучшими пожеланиями
и надеждой на дальнейшее сотрудничество,
ответственные редакторы:
Т.Х.Салихов – д.ф.м.-н., профессор, чл.-корр.
Национальной академии наук Таджикистана;
Ф.Шокир – директор ФТИ им. С.У.Умарова
Национальной академии наук Таджикистана*



**REPUBLICAN SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
«DEVELOPMENT AND ACHIEVEMENTS OF PHYSICAL SCIENCE IN THE
YEARS OF INDEPENDENCE», DEDICATED TO THE 32ND ANNIVERSARY OF
THE STATE INDEPENDENCE OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN**

In the age of digital technologies and artificial intelligence, the influence of science in all spheres of human activity is rapidly increasing. Therefore, the issues of the strategy for the development of science and technology are especially relevant. Public discussions of scientific results are one of the main and basic components of the development of science. Since in the process of scientific discussions, especially for young personnel, a unique opportunity is provided to gain invaluable experience and the necessary training to improve the quality of their research and scientific results.



August 25-26, 2023, according to the Plan of scientific events approved by the decision of the Presidium of the National Academy of Sciences of Tajikistan dated March 27, 2023, under No.69 at the S.U.Umarov Physical–Technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan hosted the Republican scientific and practical conference "Development and achievements of physical science in the years of independence", dedicated to the 32nd anniversary of the State Independence of the Republic of Tajikistan.



In the plenary part of the conference, reports were heard and discussed on topical issues of the physics and technology field, including – Thermophysical and thermodynamic properties of aluminum-iron alloy АЖ2.18 with rare-earth metals of the cerium subgroup; Mathematical model of thermal wave generation in dielectrics under irradiation with a harmonically modulated ion beam; Achievements in the field of atmospheric physics over the years of independence of the Republic of Tajikistan: prospects for cooperation with international scientific centers; Mathematical modeling of high spin quantum systems: correlation functions of oriented states; Development of new installations and methods for research and control of the processes of destruction of geomaterials and mountain ranges; Innovative devices for operational control and determination of the energy parameters of power transformers and the energy intensity of the pumping unit.

More than 60 scientific reports devoted to topical issues of theoretical and experimental physics were listened to and discussed in the section sessions of the conference, including in the following areas – Theoretical physics, dynamical systems; Atmospheric physics, climate change and water problems; Condensed matter, materials science, nanotechnology and new materials; Problems of renewable and non-conventional energy; Cosmic rays, nuclear physics and technology; Medical and biological physics.





Recall that the conference was also attended by representatives of research institutes and universities of foreign countries, including – L.N. Gumilyov Eurasian National University, S.Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology (Republic of Kazakhstan); University of Lusofon and Nova University (Portugal); the Joint Institute for Nuclear Research in Dubna, Dubna University, A.F. Ioffe Physical-Technical Institute of the Russian Academy of

Sciences (Russian Federation); Samarkand State University of Architecture and Civil Engineering, Samarkand State University (Republic of Uzbekistan).

Taking this opportunity, on behalf of the Organizing Committee, we express our gratitude to all participants and guests of the conference for their active assistance in its holding, informative reports and fruitful scientific discussions.

In the end, on behalf of the staff of the S.U.Umarov Physical–Technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan, we congratulate all the participants of the conference and our fellow citizens on the upcoming 32nd anniversary of the State Independence of the Republic of Tajikistan, we wish everyone well-being, success and scientific success for the benefit of the development of our country.



*With best wishes
and hope for further cooperation,
Editors-in-chief:*

*T.Kh. Salikhov – Professor, Corresponding Member
of the National Academy of Sciences of Tajikistan;
F. Shokir – Director of the S.U. Umarov PhTI
of the National Academy of Sciences of Tajikistan.*



ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗОВОГО СПЛАВА АЖ2.18 С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЦЕРИЕВОЙ ПОДГРУППЫ

И. Н. Ганиев¹, Ф. Холмуродов²

¹Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук
Таджикистана, Душанбе, Таджикистан

²Физико-технический институт им. С.У. Умарова Национальной академии наук
Таджикистана, Душанбе, Таджикистан
E-mail: fitratk@mail.ru

Сплавы системы Al-Fe являются интересными с практической точки зрения, они находят широкое применение, как конструкционные материалы, потому что во вторичном алюминии может присутствовать до 5.0% Fe. Известно, что содержания железа в сплавах существенно снижает пластичность и коррозионностойкость сплавов алюминия. Одним из основных методов удаления из алюминиевых сплавов железа является метод фильтрования, который достаточно трудоёмкий и дорогостоящий в аппаратурном оформлении. Поэтому в данной работе в качестве альтернативы предусматривается разработка сплавов на основе системы Al-Fe с различными легирующими компонентами. Также известным фактом является то, что в высокопрочных сплавах Al-Fe при увеличении в них содержания железа происходит изменение физико-химических свойств этих сплавов, а именно усиливаются такие характеристики, как электросопротивление, вязкость расплавов, ползучесть, и снижаются величины теплопроводности и предела усталости, поскольку в сплавах происходит формирование фазы $FeAl_3$ [1-3].

Сплавы алюминия с содержаниями железа и редкоземельных металлов также находят применение, как проводниковые материалы в различных областях техники и производства – это шины, стержни, кабели, провода, авиационные и автомобильные двигатели, эти сплавы используют в электротехнике и электронике [4].

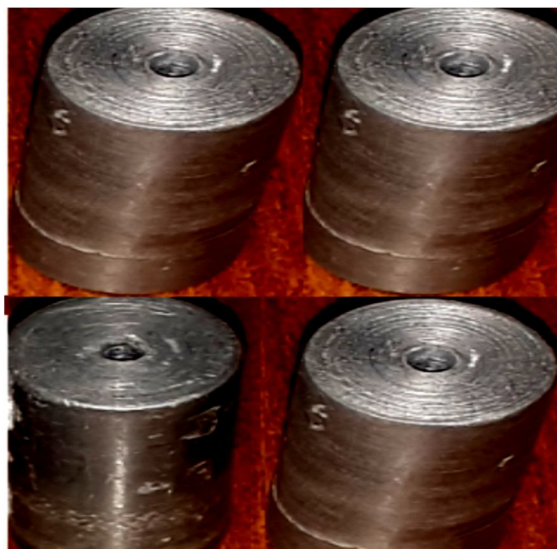


Рис.1. Образцы алюминиевого сплава АЖ2.18 с РЗМ для исследования теплоемкости.

В литературных источниках практически отсутствуют данные о влиянии иттрия (Y) и химических элементов подгруппы лантаноидов (лантан (La), церий (Ce), празеодим (Pr),

неодим (Nd), самарий (Sm), европий (Eu)) на изменение термодинамических и теплофизических характеристик сплавов Al-Fe, а также анодных и кинетических характеристик этих сплавов [5, 6].

Теплоемкость алюминиевого сплава АЖ2.18 с редкоземельными металлами измеряли в режиме «охлаждения» по методикам, описанным в работах [7-13]. Суть метода заключается в том, что сравниваются скорости охлаждения двух образцов. На рис. 1 показаны образцы из эталона и исследуемых сплавов.

Принципиальная схема установки для измерения теплоемкости сплавов показана на рис. 2. Построение графиков и обработка результатов измерений производились с помощью программ «MS Excel» и «SigmaPlot», при этом коэффициент корреляции составил $R_{\text{корр.}} \geq 0,998$. Интервал фиксации времени выбран 10с. В интервале от 40 до 400 °С относительная погрешность измерения температуры составляла $\pm 1,5 \%$, при более высоких температурах ($>400 \text{ }^\circ\text{C}$) $\pm 2,5 \%$. В нашем случае погрешность измерения теплоемкости не превышала 1,2 % [14].

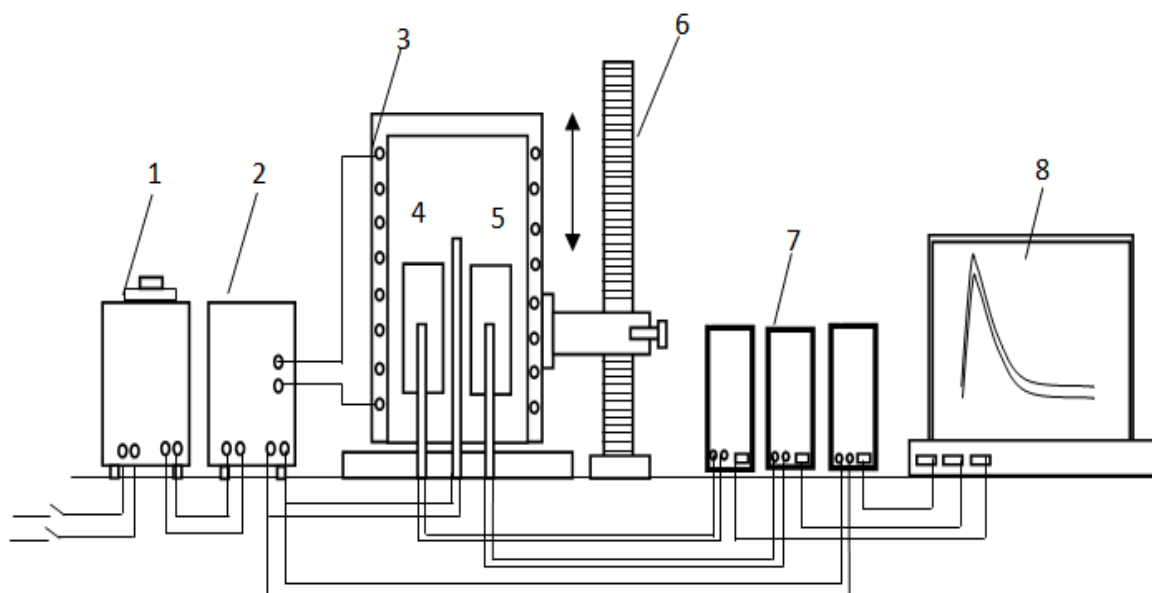


Рис. 2. Схема установки для определения теплоемкости твердых тел в режиме «охлаждения»: 1- автотрансформатор (ЛАТР), 2-терморегулятор, 3-электропечь, 4- образец, 5- эталон, 6-стойка, 7-цифровой многоканальный термометр, 8- компьютер.

С целью определения влияния изменения температуры и времени образца из сплава АЖ2.18 по сравнению с эталонным образцом (в качестве эталонного образца использован Cu марки “M00” (Cu-M00), а также для определения скорости охлаждения образцов от времени охлаждения были построены термограммы, которые показаны, соответственно, на рисунках 2 и 3. Изменение температуры фиксировали через каждые 0.1 К рассчитывали согласно выражению:

$$T = T_0 + \frac{1}{2} \left[(T_1 - T_0) e^{-\tau/\tau_1} + (T_2 - T_0) e^{-\tau/\tau_2} \right] \quad (1)$$

Значения удельной теплоёмкости (C_p) сплава АЖ2.18 определялись сравнением с эталонным образцом (Cu-M00), для которого было известно значение удельной теплоёмкости, в температурном диапазоне от 300 до 800 К. Значения C_p для образцов из сплава АЖ2.18 были вычислены согласно выражению:

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3. \quad (2)$$

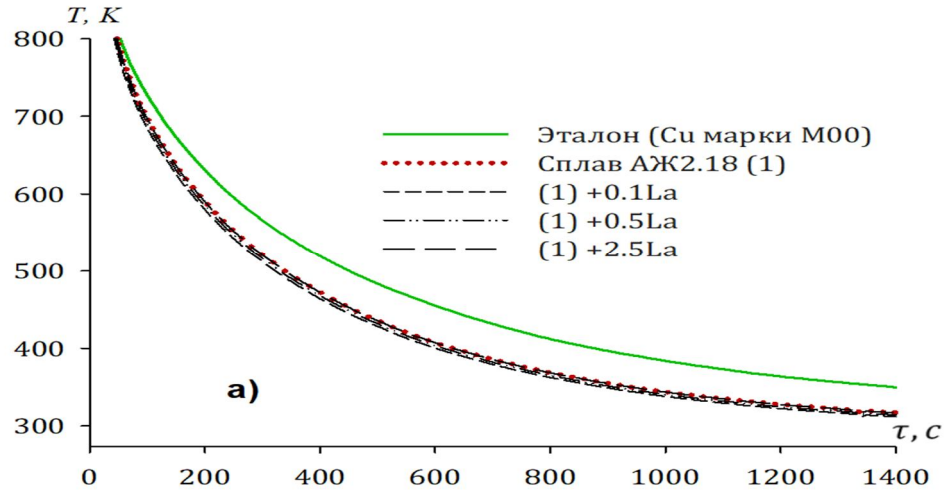


Рис.3. График зависимости температуры образцов от времени охлаждения для алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном

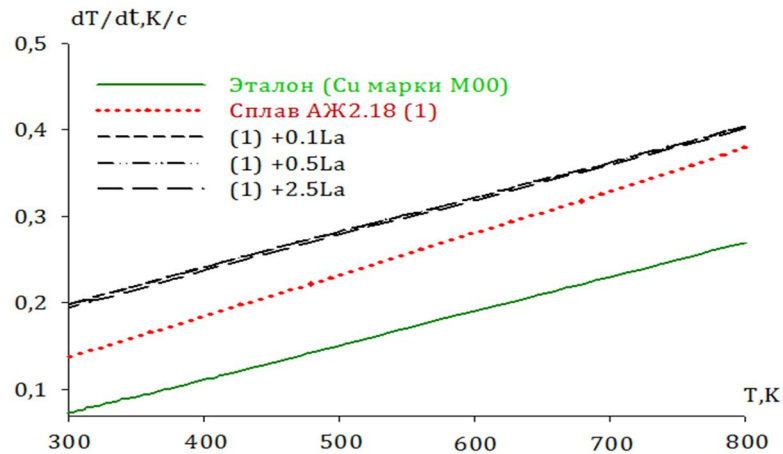


Рис.4. Температурная зависимость скорости охлаждения для алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном

Значение коэффициентов уравнения (2) представлены в табл. 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов a , b , c , d уравнении (2) для алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном и эталона (Cu марки М00).

Содержание лантана в образцах, мас %	a , $\kappaДж/(кг \cdot K)$	$b \cdot 10^{-2}$, $\kappaДж/(кг \cdot K^2)$	$c \cdot 10^{-5}$, $\kappaДж/(кг \cdot K^3)$	$d \cdot 10^{-9}$, $\kappaДж/(кг \cdot K^4)$	Коэффициент корреляции (R^2)
0.0	-1.37	0.01	-1.68	8.56	0.99
0.1	-1.84	1.44	-2.18	11.5	0.99
0.5	-1.81	1.43	-2.14	11.2	0.99
2.5	-1.51	1.26	-1.82	9.24	0.99
Эталон	0.33	0.03	-0.02	0.01	1.00

В таблице 2 и на рисунке 4а приведены через каждые 100 К рассчитанные данные удельной теплоёмкости - C_p для образцов из сплава АЖ2.18 с различными содержаниями лантана. Видно, что в исследованном температурном интервале с ростом температуры теплоемкость алюминиевых сплавов растёт.

Таблица 2. Температурная зависимость удельной теплоемкости (Дж/(кг·К)) алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном и эталона (Cu марки М00)

Содержание La в образцах, мас%	300 К	400 К	500 К	600 К	700 К	800 К
0.0	0.8291	1.1298	1.3000	1.3910	1.4541	1.5407
0.1	0.8501	1.1896	1.3691	1.4576	1.5241	1.6376
0.5	0.8560	1.2024	1.3896	1.4848	1.5552	1.6580
2.5	0.8807	1.2186	1.3942	1.4930	1.5605	1.7121
Эталон	0.3850	0.3977	0.4080	0.4169	0.4251	0.4336

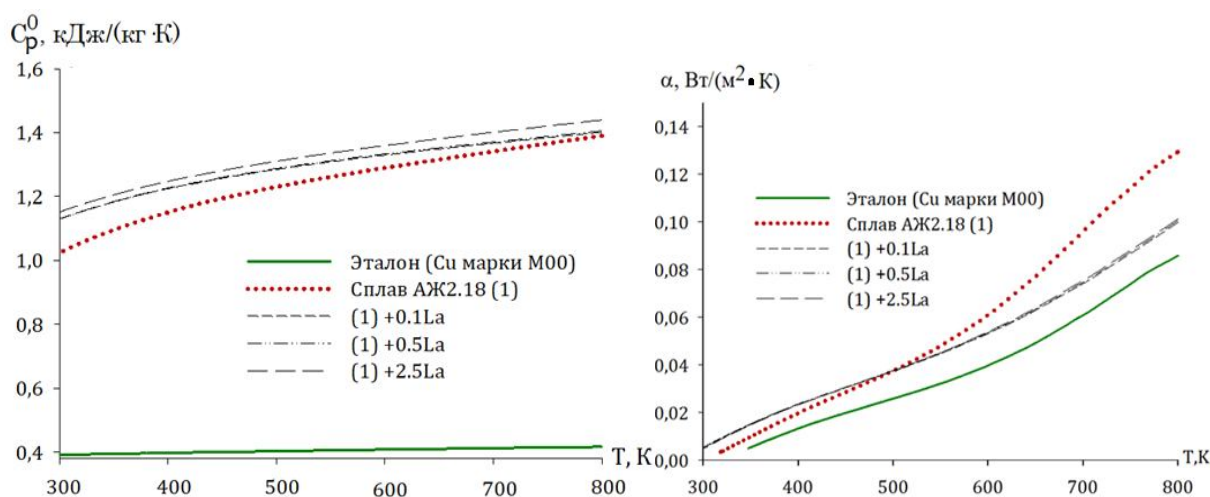


Рис. 5. Температурная зависимость удельной теплоемкости (а) и коэффициента теплоотдачи (б) алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном и эталона (Cu марки М00).

С помощью экспериментально полученных величин скоростей охлаждения образцов и значений теплоемкости алюминиевого сплава АЖ2.18 с различными содержаниями лантана были проведены расчеты коэффициента теплоотдачи (α , Вт/К·м²) сплавов по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{C_p^0 m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0) \cdot S} \quad (3)$$

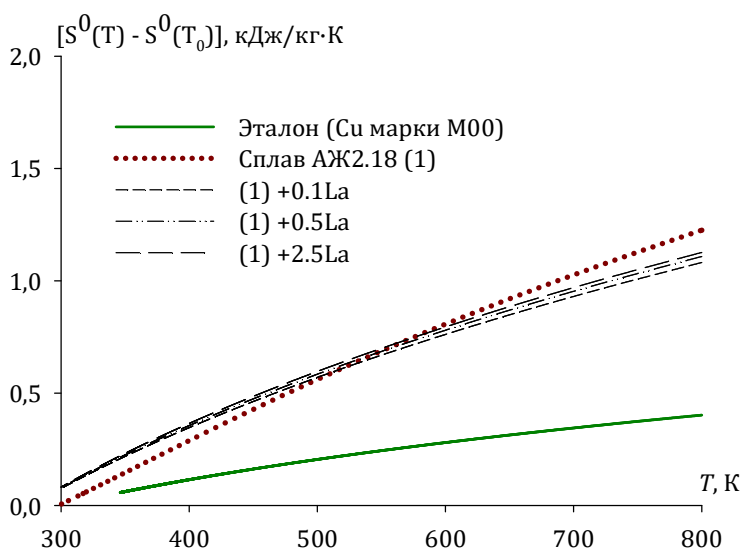
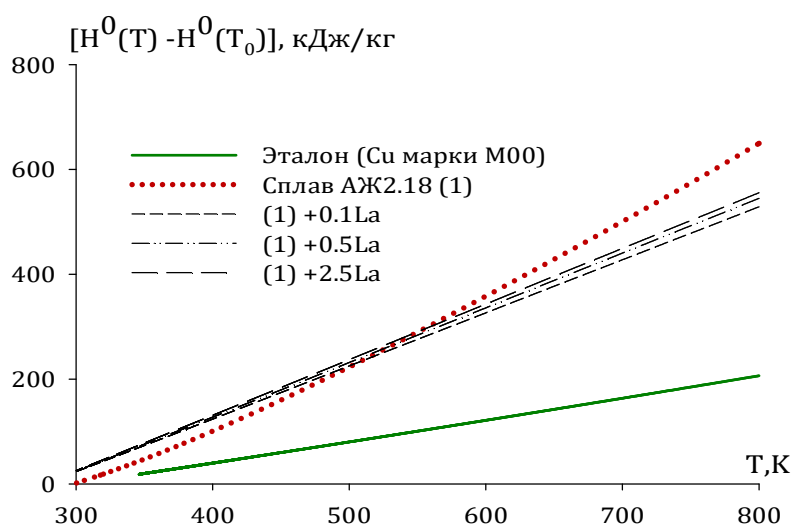
Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи для алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном, представлена на рисунке 4б и в табл. 3. Из рисунка следует, что с повышением температуры значение коэффициента теплоотдачи сплавов увеличивается, а от содержания, легирующего компонента уменьшается.

Следующим этапом исследований в данном разделе было изучение изменения термодинамических характеристик сплава АЖ2.18 с лантаном в зависимости от температуры. Результаты расчётов изменений термодинамических характеристик через каждые 100 К представлены на рисунке 6 и таблице 4.

Таблица 3. Изменение коэффициентов теплоотдачи от температуры для образцов из сплава АЖ2.18 с лантаном и эталона (Cu марки М00)

Содержание лантана в образцах, мас%	300 К	400 К	500 К	600 К	700 К	800 К
0.0	0.0030	0.0199	0.0376	0.0609	0.0951	0.1276
0.1	0.0155	0.0336	0.0548	0.0877	0.1257	0.1701
0.5	0.0154	0.0332	0.0545	0.0867	0.1242	0.1691
2.5	0.0145	0.0326	0.0543	0.0854	0.1208	0.1682
Эталон	0.0049	0.0135	0.0259	0.0402	0.0619	0.0872

Согласно данным таблицы 4 и рисунка 6 можно констатировать, что с повышением в образцах сплава АЖ2.18 содержания лантана в пределах от 0.1 до 2.5 мас% энтальпия и энтропия увеличиваются, а энергия Гиббса уменьшается.



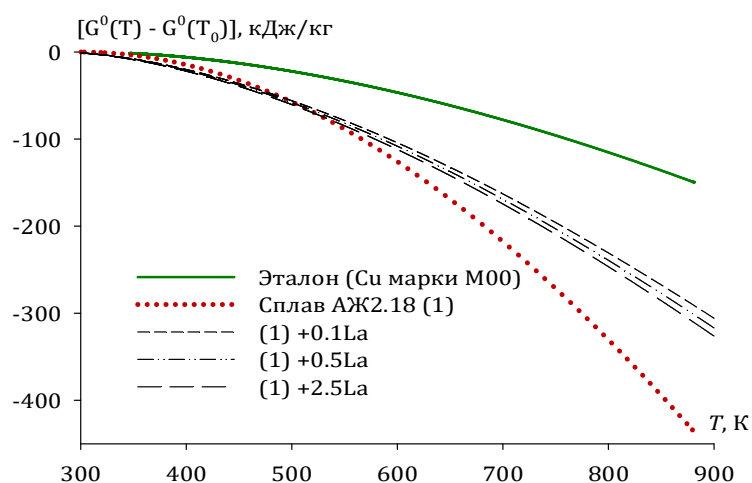


Рис.6. Изменение значений энтальпии (а), энтропии (б) и энергии Гиббса (в) в зависимости от температуры для образцов из сплава АЖ2.18 с лантаном и эталона образца (Cu марки М00).

Таблица 4. Изменение термодинамических величин энтальпии, энтропии и энергии Гиббса от температуры для образцов из сплава АЖ2.18 с различными содержаниями лантана и эталона (Cu марки М00).

Т, К	Эталон	0.0	0.1	0.5	2.5
	$[H^0(T) - H^0(T_0^*)], \text{kJ/kg}$				
300	0.712	1.5273	1.565	1.576	1.622
400	39.869	100.777	105.171	106.103	107.500
500	80.168	223.143	234.152	236.749	238.593
600	121.419	358.137	375.958	380.956	383.447
700	163.517	500.407	524.938	532.883	536.155
800	206.442	649.737	682.344	693.409	696.354
$[S^0(T) - S^0(T_0^*)], \text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$					
300	0.002	0.005	0.005	0.005	0.005
400	0.115	0.289	0.301	0.304	0.308
500	0.205	0.561	0.588	0.594	0.599
600	0.280	0.807	0.846	0.857	0.863
700	0.345	1.026	1.076	1.091	1.099
800	0.402	1.225	1.286	1.305	1.312
$[G^0(T) - G^0(T_0^*)], \text{kJ/kg}$					
300	-0.002	-0.005	-0.0058	-0.005	-0.005
400	-6.107	-14.645	-15.21	-15.33	-15.601
500	-22.24	-57.308	-59.86	-60.42	-61.161
600	-46.59	-125.923	-131.83	-133.24	-134.56
700	-77.903	-217.766	-228.15	-230.86	-232.869
800	-115.311	-330.453	-346.34	-350.785	-353.556

Результаты исследования теплоемкости (кДж/(кг·К)) и термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ2.18 с La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu и Y на примере сплавов содержащих 0,5 мас.% редкоземельного металла, обобщены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5. Изменение величин удельной теплоёмкости (кДж/(кг·К)) от температуры для образцов сплавов АЖ2.18 с содержаниями (0.5%) РЗМ и эталонного образца Cu марки М00.

Теплоёмкость исходного сплава АЖ2.18	300 К	400 К	500 К	600 К	700 К	800 К
0.0	0.8291	1.1298	1.3000	1.3910	1.4541	1.5407
0.5 La	0.8560	1.2024	1.3896	1.4848	1.5552	1.6580
0.5 Ce	0.9133	1.2362	1.4248	1.5286	1.5971	1.6797
0.5 Pr	0.8719	1.1566	1.3448	1.4978	1.4969	1.5815
0.5 Nd	0.8712	1.1738	1.3593	1.4406	1.5018	1.5951
0.5 Sm	0.8827	1.1952	1.3648	1.4642	1.5545	1.6349
0.5 Eu	0.8601	1.1771	1.3277	1.4041	1.4588	1.5442
0.5 Y	0.8650	1.2113	1.4023	1.4941	1.5428	1.6046
Эталон	0.3850	0.3977	0.4080	0.4169	0.4251	0.4336

Таблица 6. Зависимость изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса от температуры для образцов из сплава АЖ2.18 с содержаниями (0.5%) РЗМ и эталона (Cu марки М00).

Содержание добавки РЗМ в сплаве АЖ2.18 (1), мас%	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
$[H^0(T) - H^0(T_0)], \text{кДж/кг}$						
(1)	1.5273	100.773	223.143	358.134	500.407	649.737
(1)+0.5 La	1.576	106.10	236.75	380.96	532.88	693.41
(1)+0.5 Ce	1.6575	108.825	240.666	386.265	539.618	699.625
(1)+0.5 Pr	1.6068	104.304	228.716	364.757	507.474	657.051
(1)+0.5 Nd	1.5675	103.677	229.757	368.730	514.834	667.623
(1)+0.5 Sm	1.5842	105.717	235.596	379.577	531.424	690.317
(1)+0.5 Eu	1.6809	107.599	234.028	371.386	515.254	666.373
(1)+0.5 Y	1.5927	102.8654	230.6080	372.0187	519.9854	673.0120
Эталон	0.7120	39.8686	80.1679	121.419	163.5173	206.4419
$[S^0(T) - S^0(T_0)], \text{кДж/(кг} \cdot \text{К)}$						
(1)	0.0051	0.2886	0.5609	0.8068	1.0260	1.2252
(1)+0.5 La	0.0054	0.005	0.304	0.594	0.857	1.091
(1)+0.5 Ce	0.0055	0.312	0.606	0.870	1.107	1.321
(1)+0.5 Pr	0.0054	0.299	0.576	0.824	1.044	1.243
(1)+0.5 Nd	0.0052	0.297	0.577	0.831	1.056	1.260
(1)+0.5 Sm	0.0053	0.303	0.592	0.854	1.088	1.300
(1)+0.5 Eu	0.0054	0.304	0.589	0.840	1.062	1.264
(1)+0.5 Y	0.0053	0.3060	0.5992	0.8640	1.0982	1.3078
Эталон	0.0024	0.1149	0.2048	0.2800	0.3449	0.4022

$G^0(T) - G^0(T_0), \text{кДж/кг}$						
(1)	-0.005	-14.645	-57.308	-125.923	-217.766	-330.453
(1)+0.5 La	-0.0049	-15.331	-60.419	-133.242	-230.856	-350.785
(1)+0.5 Ce	-0.0051	-15.835	-61.875	-135.895	-234.958	-356.441
(1)+0.5 Pr	-0.005	-15.235	-59.189	-129.410	-222.970	-337.430
(1)+0.5 Nd	-0.0048	-15.056	-58.965	-129.613	-224.138	-340.037
(1)+0.5 Sm	-0.0049	-15.309	-60.200	-132.717	-230.010	-349.540
(1)+0.5 Eu	-0.005	-15.449	-60.264	-132.724	-228.033	-344.421
(1)+0.5 Y	-0.0049	-19.5338	-68.9827	-146.4076	-248.7594	-373.2251
Эталон	-0.0022	-6.1074	-22.243	-46.585	-77.903	-115.311

Из таблицы 5 и 6 следует, что с ростом температуры теплоёмкость, энтальпия и энтропия сплавов растут, а значение энергии Гиббса снижается.

Выводы

1. В режиме «охлаждения» исследована температурная зависимость теплоемкости алюминиевого сплава АЖ2.18 с редкоземельными металлами. Установлено, что с ростом температуры теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов растут, а значение энергии Гиббса снижается. Показано, что с увеличением концентрации редкоземельных металлов теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов незначительно увеличиваются, а энергия Гиббса уменьшается.

2. Исследованиями температурных зависимостей изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для алюминиевого сплава АЖ2.18 с La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Y показано, что с повышением концентрации модифицирующих компонентов значение теплоемкости и коэффициент теплоотдачи увеличиваются. От температуры значения энтальпии и энтропии сплавов растут, значение энергии Гиббса снижается.

Список литературы

1. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочник / Под ред. В. П. Глушкова. – М.: Наука, 1982. - С. 559.
2. Свойства элементов: Справочник / Под ред. М. Е. Дрица. – М.: Металлургия, 1985. - С. 671.
3. Зиновьев, В. Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах: Справочное издание. - М.: Металлургия, 1989. - 384 с.
4. Pather, P.D. Debye temperatures of silver and aluminium of high temperatures Some new correlation / P. D. Pather, N. P. Shah // J. Phys. Stat. Sol. - 1979. –V. 55a. - № 2. – P. 159-163.
5. The elastic constant for single crystals bismuth and tin from temperature to the melting point / E. W. Kammer, L. C. Cardinal, E. W. Kammer [et al.] // J. Phys. Chem. Sol., - 1972. - V. 33. - P. 1891-1898.
6. Thermal properties of matter, V.10. Thermal diffusivity ed by Toulokian / Plenum. - 1973. - P. 649.
7. Hunkeler F., Bohni H. Mechanism of pit growth on aluminum under open circuit conditions // Corrosion (USA). -1984. -Vol. 40. -No. 10. -P. 534–540.
8. Умаров М.А., Ганиев И.Н. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций свинца марки С2 // Известия Самарского научного центра РАН. -2018. -Т. 20. -№ 1. -С. 23-29.
9. Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Ибрахимов Н.Ф. Влияние лития на теплоёмкость и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ2,18 // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. -2018. -Т. 16. -№1. -С. 37-44.

10. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Бердиев А.Э., Ибрахимов Н.Ф. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава АК12М2, легирующего стронцием // Известия Санкт-Петербургского государственного технического института (технологического университета). -2017. -№ 41 (67). -С. 22-26.

11. Эсанов Н.Р., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Ибрахимов Н.Ф. Влияние иттрия на удельную теплоемкость и изменение термодинамических функций сплава АЖ2.18 // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия техника и технология. -2018. -Т. 8. -№ 2 (27) -С. 75-84.

12. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Аминбекова М.С. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплавов системы Pb-Ba // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. -2018. -№ 2 -С. 69-75.

13. Ганиев И.Н., Отаджонов С.Э., Ибрахимов Н.Ф., Махмудов М., Сангов М.М. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АК1, легированного кальцием // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. -2018. -№ 2 (42). -С. 17-21.

14. Ганиев И.Н., Норова М.Т., Эшов Б.Б., Ибрахимов Н.Ф., Ибрахимов С.Ж. Влияние добавок скандия на температурную зависимость теплоемкости и термодинамических функций алюминиево-магниевого сплава // Физика металлов и металловедение. 2020. Т. 121. № 1. С. 25-31.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВОЛН В ДИЭЛЕКТРИКАХ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ГАРМОНИЧЕСКИ МОДУЛИРОВАННЫМ ИОННЫМ ПУЧКОМ

Салихов Т.Х., Абдурахмонов А.А.

Таджикский национальный университет

E-mail: tsalikhov@mail.ru

Особенности формирования стационарного и нестационарного температурных полей в твёрдых телах при облучении различными видами импульсов ионного пучка исследованы достаточно подробно (см., например [1-5]). Между тем, как было показано в [6-9], вполне реальным является случай, когда облучаемый пучок ионов изменяется по гармоническому закону с частотой ω . Очевидно, что и в этом случае становится важным учет температурной зависимости теплофизических параметров исследуемой среды. Отметим, что подобные работы выполнены по фотоакустике (см., напрмер [10-13], где обнаружено, что при этом в среде возникает колебание температуры, как на частоте ω , так и на удвоенной частоте (вторая гармоника). Целью настоящей работы является формулировка математической модели генерации тепловых и акустических волн в диэлектрических пластинах посредством гармонически модулированного ионного пучка. Считается, что облучение поверхности образца осуществляется в воздухе. Учитывая, что длина пробега ионов R в пленках меньше толщины образца L , для описания стационарного и нестационарного полей температуры будем исходить из следующей системы нелинейных уравнений теплопроводности:

$$C \frac{\partial T_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\kappa_1(T_1) \frac{\partial T_1}{\partial x} \right] + \frac{EJ}{2RZe} \Theta(R-x)(1 + e^{i\omega t}), \quad 0 \leq x \leq R, \quad (1)$$

$$C \frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\kappa_2(T_2) \frac{\partial T_2}{\partial x} \right], \quad R \leq x \leq L. \quad (2)$$

где C , κ , J , Z , E - теплоемкость единицы объема, коэффициент теплопроводности, плотность тока пучка, заряд иона в единицах заряда электрона, начальная энергия ионов, соответственно, $\Theta(R-x)$ - единичная функция Хэвисайда. Граничные условия, необходимые для решения системы (1)-(2), имеют вид [3]:

$$\kappa_1(T_1) \frac{\partial T_1}{\partial x} \Big|_{x=0} = h_1(T_1 - T_0) + A_1 \sigma_0(T_1^4 - T_0^4), \quad (3)$$

$$-\kappa_2(T_2) \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=L} = h_2(T_2 - T_0) + A_2 \sigma_0(T_2^4 - T_0^4), \quad (4)$$

$$T_1(x) \Big|_{x=R} = T_2(x) \Big|_{x=R}, \quad \kappa_1(T_1) \frac{\partial T_1}{\partial x} \Big|_{x=R} = \kappa_2(T_2) \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=R}. \quad (5)$$

В (3) и (4) величина h_i - коэффициент теплоотдачи поверхности образца, а A_i - ее степень черноты [13]. Как и раньше [14], температурную зависимость теплофизических величин примем в линейной форме, т.е. в виде

$$C_i(T_i) = C_i^{(0)}(T_0)[1 + \delta_{(i)} T_i], \quad \kappa_i(T_i) = \kappa_i^{(0)}(T_0)[1 + \delta_{2(i)} T_i], \quad A_i(T_i) = A_i^{(0)}(T_0)[1 + \delta_{3(i)} T_i],$$

$$h_i(T_i) = h_i^{(0)}(T_0)[1 + \delta_{4(i)} T_i], \quad \text{где } \delta_{(i)} = \frac{1}{C^{(0)}(T_0)} \frac{\partial C}{\partial T}, \quad \delta_{2(i)} = \frac{1}{\kappa_i^{(0)}(T_0)} \frac{\partial \kappa_i}{\partial T}, \quad \delta_{3(i)} = \frac{1}{A_i^{(0)}(T_0)} \frac{\partial A_i}{\partial T},$$

$$\delta_{4(i)} = \frac{1}{h_i^{(0)}(T_0)} \frac{\partial h_i}{\partial T} - \text{термические коэффициенты этих величин.}$$

Представим возмущение температуры в виде суммы локально-равновесной $T_{0(i)}(x)$, линейных $\Phi_{L(i)}(x, t)$ и нелинейных $\Phi_{N(i)}(x, t)$ частей, т.е. в виде

$$T'_i(x, t) = T_{0(i)}(x) + \Phi_{L(i)}(x, t) + \Phi_{1N(i)}(x, t) + \Phi_{2N(i)}(x, t), \quad (6)$$

где $\Phi_{1N(i)}$ и $\Phi_{2N(i)}$ - нелинейные составляющие колебания температуры соответствующего слоя на основной и второй гармониках. Тогда система уравнений (1) - (2) распадается на следующие системы уравнений для $T_{0(i)}(x)$, $\Phi_{L(i)}(x, t)$, $\Phi_{1N(i)}(x, t)$ и $\Phi_{2N(i)}(x, t)$:

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{dT_{0(1)}}{dx} + \frac{\delta_{2(1)}}{2} \frac{d(T_{0(1)})^2}{dx} \right] = -\frac{I}{\kappa_1^{(0)}(T_0)}, \quad 0 \leq x \leq R, \quad (7)$$

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{dT_{0(2)}(x)}{dx} + \frac{\delta_{2(2)}}{2} \frac{d(T_{0(2)})^2}{dx} \right] = 0, \quad R \leq x \leq L. \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_{L(1)}}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_1^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{L(1)}}{\partial t} = -\frac{I}{\kappa_1^{(0)}(T_0)} \exp(i\omega t), \quad 0 \leq x \leq R \quad (9)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_{L(2)}}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_2^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{L(2)}}{\partial t} = 0, \quad R \leq x \leq L \quad (10)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_{1N(1)}}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_1^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{1N(1)}}{\partial t} = -(\delta_{2(1)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\delta_{(1)}}{\chi_1^{(0)}} \frac{\partial}{\partial t})(T_0(x) \Phi_{L(1)}(x, t)), \quad (11)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_{1N(2)}}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_2^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{1N(2)}}{\partial t} = -(\delta_{2(2)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\delta_{(2)}}{\chi_2^{(0)}} \frac{\partial}{\partial t})(T_0(x) \Phi_{L(2)}(x, t)), \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_{2N(1)}}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_1^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{2N(1)}}{\partial t} = -\frac{1}{2} \left(\delta_{2(1)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\delta_{(1)}}{\chi_1^{(0)}} \frac{\partial}{\partial t} \right) (\Phi_{L(1)}^2(x, t)), \quad (13)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_{2N(2)}}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_2^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{2N(2)}}{\partial t} = -\frac{1}{2} \left(\delta_{2(2)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\delta_{(2)}}{\chi_2^{(0)}} \frac{\partial}{\partial t} \right) (\Phi_{L(2)}^2(x, t)). \quad (14)$$

Здесь $I = EJ / ZeR$, $\chi_i^{(0)} = \kappa_i^{(0)} / C_p^{(0)}$ - температуропроводность соответствующих слоев при $T = T_0$.

Из (3)-(5) получим следующие граничные условия для $\Phi_{L(i)}(x, \omega)$:

$$\kappa_1^{(0)} \frac{\partial \Phi_{L(1)}}{\partial x} \Big|_{x=0} = B_1 \Phi_{L(1)}, \quad \Phi_{L(1)}(x, \omega) \Big|_{x=R} = \Phi_{L(2)}(x, \omega) \Big|_{x=R}, \quad (15)$$

$$\kappa_1^{(0)} \frac{\partial \Phi_{L(1)}}{\partial x} \Big|_{x=R} = \kappa_2^{(0)} \frac{\partial \Phi_{L(2)}}{\partial x} \Big|_{x=R}, \quad -\kappa_2^{(0)} \frac{\partial \Phi_{L(2)}}{\partial x} \Big|_{x=L} = B_2 \Phi_{L(2)}, \quad (16)$$

где $B_i = h_i^{(0)} + 4\sigma A_i^{(0)} T_0^3$. Решение системы уравнений (7)-(8), удовлетворяющее граничные условия (3)-(5), нами получено в [14], где достаточно подробно исследованы особенности формирования стационарного поля температуры.

Система уравнений (7)-(14) с граничными условиями (15)-(16) соответствует математической модели описания особенностей формирования поля температур, а также механизма генерации первых двух гармоник нелинейной температурной волны. Очевидно, что эти волны одновременно возбуждают и нелинейные волны обычного звука.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко В.И., Валяев А.Н., Погребняк А.Д. Модификация металлических материалов импульсными пучками частиц // УФН. 1999. Т. 169, №11. С.1243-1271.
2. Комаров, Ф.Ф. Дефектообразование и трекообразование в твердых телах при облучении ионами сверхвысоких энергий // УФН.2003. Т.173.№ 12. С.1287-1318.
3. Комаров Ф.Ф. Нано–и микроструктурирование твердых тел быстрыми тяжёлыми ионами // УФН. 2017.Т.187.№ 5.С.465-504.
4. Бойко В.И., Скворцов В.А., Фортов В.Е., Шаманин И.В. Взаимодействия импульсных учков заряженных частиц с веществом. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 288с.
5. Вайсбурд Д.И., Пичугин В.Ф., Чебодаев М.И. Методика определения термического сопротивления контакта диэлектрик – подложка при интенсивных режимах облучения диэлектрика // Изв. вузов. Физика. 2001. № 1 2. С . 36-43.
6. Kenji Kimura, Kenji Nakanishi, Akira Nishimura, Michihiko Mannami. Acoustic Radiation Induced by Intensity Modulated Ion Beam// Japanese Journal of Applied Physics.1985.-Vol. 24. № 6. p. L449 - L450.
7. Wiesner C., Droba M., Meusel O., Noll D., Payir O., Ratzinger U., Schneider P. Chopping high-intensity ion beams at franz//Proceedings of LINAC 2014, Geneva, Switzerland. p.765-769.
8. Lin A, Lei Wang, Yang Tan, Shavkat Akhmadaliev, Shengqiang Zhou, and Feng Chen. Efficient Second Harmonic Generation of Diced Ridge Waveguides Based on Carbon Ion-irradiated Periodically Poled LiNbO3// Lightwave Technology.- 2016, 2638920.
9. Shafiei S., M. Lamahi-Rashti M., Vosoughi Y. Design and Development of a Chopper for Ion Beam Current Measurement and Monitoring./ Shafiei S., M. Lamahi-Rashti, Y.Vosoughi. Journal of Nuclear Research and Applications. - 2022.-№ 2(2).-p. 13-19.
10. Gao R., Xu Zh., Ren Ya., Song L., Liu Ch. Nonlinear mechanism tool in photoacoustics-powerful tools in photoacoustic imaging //Photoacoustics.,2021. Vol.22.p.1-23.

11. Проскурин М.А., Хабибулин В.Р., Усольцева Л.О., Вырко Е.А., Михеев И.В., Волков Д.С. Фототермическая и оптоакустическая спектроскопия: Современное состояние и перспективы. // Успехи физических наук, 2022, т.192, №3, с.294-340.
12. Салихов Т.Х., Мадвалиев У., Шарифов Д.М., Туйчиев Х.Ш. К теории генерации нелинейного фотоакустического сигнала при газомикрофонной регистрации // Журнал технической физики. 2021, Т.91, Вып.11, С.1608-1618.
13. Р.Зигель, Дж. Хауэлл. Теплообмен излучением. Перевод с англ.-М.: Мир, 1975.-935с.
14. Салихов Т.Х., Абдурахмонов А.А. Температурное поле пленок диэлектриков в поле непрерывного пучка ионов // Теплофизика и аэромеханика. 2017. Т.24. №6. С. 981-984.

**ДАСТОВАРДҲОИ СОҲАИ ФИЗИКАИ АТМОСФЕРА ДАР СОЛҲОИ
ИСТИҚЛОЛИЯТИ ДАВЛАТИИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН: ДУРНАМОИ
ҲАМКОРӢ БО МАРКАЗҲОИ ИЛМИИ БАЙНАЛМИЛАЛӢ**

**С.Ф.Абдуллаев, А.М.Чураев, В.А.Маслов,
С.Р.Шарипов, Ш.Х.Халифаева, Р.Р.Ваҳобов**

Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови

Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, ш.Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com

«Ба Академияи илмҳо зарур аст, ки дар ҳамкорӣ бо олимони кишварҳои дигар дар самти паёмадҳои тағйирёбии иқлим таҳқиқоту омӯзиш гузаронида, дастовардҳои кишварро дар ин самт ҳамчониба муаррифӣ намояд»

Эмомалӣ Раҳмон

Чуноне, ки ба ҳамагон маълум аст баъд аз ба даст овардани истиқлолияти миллии тоҷиконро душманони он ба ҷанги бародаркуш оварданд. Агар ваҳдати миллии тоҷикон намебуд мо ба вартаи ҳалокат дучор мегардидем. Ин ваҳдат бузургтарин ва тақдирсозтарин ва арзандатарин дастоварди бузурги халқи тоҷик аст, ки он маҳз бо кӯшишу талошҳо ва ҷонбозиҳои қаҳрамононаи Асосгузори сулҳу Ваҳдати миллии - Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон дар амал татбиқ шуд. Феълан дар минтақаҳои гуногуни олам ҷанги шаҳрвандӣ давом дорад ва месазад, ки ин таҷрибаи сулҳи тоҷикон дар ин кишварҳо барои ба даст овардани сулҳи бардавом татбиқ шуда, мавриди омӯзиши дигар кишварҳо гардад. Зиёда аз чоряк аср тоҷикон дар фазои сулҳи бардавом, боварӣ ба ояндаи дурахшон умр ба сар мебаранд, ҳар яке дар ҷои кори худ фаъолияти пурсамари хешро давом дода шукрона аз истиқлолият, шукрона аз ваҳдати пойдори миллати куҳанбунёди худ мекунанд. Бигузур ин ваҳдат абадӣ бошад.

Мехостам дар бораи як самти фаъолияти лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон (ИФТ), ки мо дар давраи истиқлолият ва ваҳдати миллати тоҷик ба он ноил гардидем каме ёдовар шавам.

Дар ҳисоботҳои ба Раёсати Академияи миллии илмҳо ва Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон пешниҳодшаванда яке аз самтҳои афзалиятноки фаъолияти сохторҳои институт – муносибатҳои илмии байналмилалӣ ба ҳисоб меравад. Аз давраи таъсиси лабораторияи физикаи атмосфера (соли 1986) кормандони он ба ин самти фаъолият тавачҷуҳи хоса зоҳир менамуданд. Дар доираи ҳамкориҳои илмӣ бо Институти омӯзиши Арктика ва Антарктида кормандони мо дар таҳқиқоти Арктика (соли 1987) ва таҳқиқоти тағйирёбии иқлим ва сифати ҳаво бо киштии илми таҳқиқотии Королёв дар саросари Замин

(соли 1988) иштирок намуданд. Дар чорчӯбаи Барномаи Созмони Миллалӣ Муттаҳид нисбати тағйирёбии иқлим ва дар чорчӯбаи шартномаи байни Иттиҳоди Шуравӣ ва ИМА оид ба ҳифзи муҳити зист бо нақшаи гурӯҳи кории VIII (лоиҳаи 02.08.13 «Моделсозии иқлим, сели радиатсия ва абрҳо») дар Тоҷикистон экспедисияи якҷояи Шуравӣ-америкой оид ба омӯзиши чангу ғубори Осиёи Миёна моҳи сентябри соли 1989 бо иштироки 9 нафар олимони америкой, як нафар олими Фаронса (Донишгоҳи Париж) ва зиёда аз 40 нафар олимони Иттиҳоди Шуравӣ аз Москва, Ленинград, Томск ва Душанбе иштирок намуданд. Баъд аз пошхурии Иттиҳоди Шуравӣ ва ба даст овардани исқлолият ва ваҳдати миллӣ ҳамкориҳои илмӣ байналмилалӣ ба дараҷаи баланд густариш ёфтанд.

Таҳқиқот дар чорчӯбаи лоиҳаи Маркази байналмилалӣ илмӣ-таҳқиқотӣ (МБИТ) бо дастгирии олимони ИМА ва Созмони Аврупо (2010-2016) имконият дод, ки ба лаборатория таҷҳизотҳои нодир барои омӯзиши паёмадҳои тағйирёбии иқлим ворид гардад.

Дар ин давра баргузори конференсияи байналмилалӣ оид ба тағйирёбии иқлим дар Осиёи Марказӣ бо иштироки олимони хориҷӣ дар Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон (АМИТ, ш. Душанбе 22-24 майи соли 2012) бо дастгирии раёсати АМИТ ва маблағгузори МБИТ ва Бонки миллии Тоҷикистон бо ташаббуси лабораторияи мо ба муносибатҳои илмӣ лаборатория як такони назаррас расонид [1, 2].

Яке аз пурмахсултари муносибатҳои илмӣ байналмилалӣ ин ҳамкориҳои лаборатория бо гуруҳи лидари Институти таҳқиқоти тропосфераи Олмон ба номи Лейбнитс (ИТТ, ТРОПОС) мебошад. Бо дастгирии бевоситаи Раёсати АМИТ моҳи октябри соли 2014 байни Тоҷикистон ва Олмон яъне байни ИФТ ва ИТТ шартнома оид ба тафохум ва ҳамкориҳои илмӣ дар самти таҳқиқоти якҷояи бӯҳрони чангу ғубор дар Тоҷикистон (лоиҳаи CADEX) ба имзо расид. Ин лоиҳа бо дастгирию маблағгузори Вазорати маориф ва илми Олмон муяссар гардид. Тибқи ин лоиҳа таҳқиқоти атмосфера бо фотометри офтобӣ, лідар ва таҷҳизоти дигар дар давоми солҳои 2014-2016 гузаронида шуд. Натиҷаҳои ин таҳқиқот дар шабакаи он дастраси ҳамагон мебошад [3].

Дар чорчӯбаи ин таҳқиқот 06-12 апрели соли 2019 конференсияи байналмилалӣ бо иштироки 80 нафар олимони аз 18 кишвари олам дар кишвар баргузор гардид. Ин конференсия бо дастгирии Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон, АМИТ, Созмони Аврупо, Вазорати маориф ва илми Олмон, бо маблағгузори бунёди Фолксваген ва бо ташаббуси лабораторияи мо ва гуруҳи лидари ТРОПОС бомуваффақият баргузор гардид. Мақолаҳои дар конфоронс пешниҳодшуда дар системаи Web of Conference ҷоп гардиданд [4] ва бо иштироки ВАО дар тамоми шабакаҳои Ҷумҳурий ва берун аз он муаррифӣ карда шуд [5]. Дар баргузори ин конференсияи байналмилалӣ саҳми Раёсати АМИТ, зерсохторҳои он, аз ҷумла Шӯъбаи робитаҳои байналмилалӣ ва ИФТ ва кормандони он назаррас буд ва камина аз фурсати мувофиқ истифода намуда, ба ҳар яки онҳо изҳори миннатдории бепоёни хешро баён менамоям.

Ҳанӯз баъди ба анҷом расидани лоиҳаи CADEX Вазорати маориф ва илми Олмон (охири соли 2016) натиҷаҳои ба дастовардаи онро чун беҳтарин муносибатҳои илмӣ байналмилалӣ байни Олмону Тоҷикистон арзёбӣ намуда онро ба тамоми Вазоратҳо, Донишгоҳҳо ва Донишқадаҳои Олмон муаррифӣ карда, имконияти ба Тоҷикистон тақдим намудани чунин Лидарро ба нақша гирифта буд. Бо маблағгузори Созмони Аврупо, Вазорати маориф ва илми Олмон ва институти ТРОПОС ба лабораторияи мо ин системаи Лидар ҳамчун ёрии техникаи башардӯстона тақдим карда шуда, маъракаи ифтитоҳи он бо иштироки Раёсати АМИТ, кормандони ИФТ, намояндагони Вазорати маориф ва илми Олмон ва Сафири Олмон дар Тоҷикистон 26 июни соли 2019 баргузор гардид. Аз оғози

ҳамкорӣҳои байналмилалӣ бо Олмон силсилаи мақолаҳо дар маҷаллаҳои бонуфуз дар ҳамкорӣ бо олимони ТРОПОС нашр гардиданд. Тоҷикистон бо насби ин Лидар ба шабакаи Созмони Аврупо оид ба таҳқиқоти омӯзиши атмосфера, тағйирёбии иқлим ва сифати ҳаво шомил гардид, қадами назаррас буда, дар амалӣ намудани таҳқиқоти сатҳи баланди байналмилалӣ имконият ба вуҷуд овард.

Феълан лабораторияи физикаи атмосфера ҳамкориҳои байналмилалиро оид ба омӯзиши равандҳои атмосфера, тағйирёбии иқлим ва сифати ҳаво бо: Маъмурияти миллии аэронавтика ва кайҳон (AERONET Network); Лабораторияи оптикаи атмосфераи Донишгоҳи илм ва технологияи Лилле, гурӯҳи «Фотон»-и Фаронса; Институти таҳқиқоти тропосферии Олмон, Лейбниц (TROPOS); Лабораторияи калидии тағйирёбии иқлими минтақаи хушки Вазорати маориф ва Коллеҷи илмҳои атмосфераи Донишгоҳи Ланчжоуи Ҷумҳурии Халқии Хитой (ҚХХ); Институти таҳқиқоти Тибети Академияи илмҳои ҚХХ; Институти физикаи атмосфераи Академияи илмҳои ҚХХ; Лабораторияи калидии илмии криосфераи Институти шимолу ғарбии муҳити зист ва захираҳои экологӣ ва Маркази такмили Академияи илмҳои ҚХХ оид ба илмҳои замини Тибет ва Донишгоҳи Академияи илмҳои ҚХХ; Лоихаи фаъолиятҳои ҳамгирии ASTRIS-2 аз барномаи таҳқиқот ва навовариҳои Созмони Аврупо ГОРИЗОНТ-2020; Коллеҷи илмҳои оптикӣ ва муҳандисӣ, Донишгоҳи Зеджанги ҚХХ; Лаборатория динамикаи атмосфераи Расадхонаи асосии геофизикии Донишгоҳи Санкт-Петербург; Институти физикаи атмосфераи ба номи А.М.Обухови Академияи илмҳои Россия (АИР); Маркази имкониятҳои факултети геоэкологияи Донишгоҳи Давлатии Санкт-Петербург; Маркази федералии илмии минералогия ва геоэкологияи баҳши Уралии АИР; Институт оптикаи атмосфераи баҳши Сибирии АИР давом дода истодааст.

Дар доираи лоихаи Агентии байналмилалии неруи атомӣ (АБНА) – EVT1705868 RER7011 ТС, омӯзиши тағйирёбии иқлим ва сифати ҳаво бо назардошти таҳқиқоти аэрозоли андозаашон то 2.5 мкм (PM2.5) дар ҳамкорӣ бо: Маркази байналмилалии Вена (Австрия); Маркази миллии тадқиқотҳои илмии “Демокритос” (Миср); Институти физикаи ядроии амалии Донишгоҳи Тирана (Албания); Донишқадаи ҷумҳуриявии гидрометеорологияи Босния ва Ҳерсеговина; Институти миллии метеорология ва гидрологияи Академияи илмҳои Булғория; Вазорати муҳити зист, банақшагирии ҷисмонӣ ва сохтмони Хорватия; Институти тадқиқоти тиббӣ ва ҳифзи меҳнати Хорватия; Институти Кипр, Никосия; Институти таҳқиқоти ядроии Маҷористон; Агентии ҳифзи муҳити зисти Вилнюс, Литва; Агентии ҳифзи муҳити зист Вазорати рушди устувор ва сайёҳии Монтенегро; Вазорати муҳити зист ва банақшагирии ҷисмонии Македонияи Шимолӣ; Факултети физика ва информатикаи компютери Донишгоҳи илм ва технологияи Краков, Лахистон; Кампуси технологияи ядроии Лиссабон, Португалия; Агентии экологии Ҷумҳурии Молдова; Агентии миллии ҳифзи муҳити зисти Бухарест, Руминия; Институти илмҳои атомии Сербия, Белград; Институти Джозеф Стефани Любляна, Словения, Маркази миллии ҳастаии Қазоқистон идома дорад.

Бо Раёсати АМИТ моҳи апрели соли 2019 бо Коллеҷи илмҳои аэрозоли Донишгоҳи Ланчжоуи ҚХХ ҳуччати тафохум имзо гардид ки тибқи он дар чорҷубаи лоихаи ҷинии "Як камарбанд – як роҳ" аз ҷониби ҚХХ ба Тоҷикистон ворид намудани Лидар, Фотометри офтобӣ ва таҷҳизоти омӯзиши тақсимоии амудии ҳарорат ва нами нисбии ҳаво, таҷҳизоти омӯзиши сифати ҳаво ва параметрҳои метеорологияи атмосфера ба нақша гирифта шуда буд. Дар мувофиқа бо Агентии обуҳавошиносии Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон дар назар дошта шуда буд, ки ин таҷҳизот дар маҳалли Айвоч, яъне

дар минтақае, ки аз он самт чангу ғубор ба кишвари мо ворид мегардад насб карда шавад. Аз сабаби маҳдудияти пандемияи COVID-19 ифтитоҳи ин маҷмӯи таҷҳизот то моҳи июни соли қорӣ ба таъхир гузошта шуд.

Дар маросими ифтитоҳ ва ба қор оғоз бахшидани таҷҳизоти Озмоишгоҳи нав дар Айвоҷ аз ҷониби Донишгоҳи Ланҷжоуи ҚХХ, олими варзидаи соҳаи илмҳои атмосферӣ, академики Академияи илмҳои ҚХХ Чянпинг Хуан ва дигар олимони соҳа аз Донишгоҳи Ланҷжоуи ҚХХ иштирок намуданд. Аз ҷониби АМИТ Раёсат ва гурӯҳи олимони ҷавону докторантони ИФТ, намояндаи Шуъбаи робитаҳои байналмилалии АМИТ ширкат намуданд. Ҳамчунин дар маросими ифтитоҳ намояндагони ВАО кишвар, аз ҷумла МД ТВ “Илм ва табиат” ва ТВ “Сайёҳӣ ва ҳунарҳои мардумӣ” маросими оғози қори Озмоишгоҳи нав ва муаррифии онро инъикос намуда, оид ба муҳимияти омӯзиши равандҳои атмосферӣ ва аҳамияти он барои кишвар ва илми муосир бо олимону мутахассисони ҚХХ ва кишвар машварат намуданд.

Ниҳоят, тибқи нақшаи тасдиқшуда санаи 6 июни соли қорӣ бо иштироки олимону мутахассисони Донишгоҳи Ланҷжоуи Ҷумҳурии Халқии Хитой ва Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон Озмоишгоҳи нави таҳқиқи равандҳои атмосферӣ ифтитоҳ ва ба қор дароварда шуд.

Ёдрас мешавем, ки ҳамчун мақоми насби истгоҳи нав дар асоси таҳлили олимони институт дар мувофиқа бо Агентии обунавовиносии Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон, мақомоти иҷроия ва дигар сохторҳои дахлдор мавзеи Айвоҷи ноҳияи Шаҳритус муайян карда шуд. Мақоми мазкур бо дарназардошти динамикаи умумии қараёнҳои ҳавоии атмосфераи фазои кишвар ва аз ҷумла дар ибтидои масири воридшавии хокборишҳо воқеъ будани мавзеи мазкур интихоб карда шудааст.

ИФТ барои бомуваффақият таъсиси дода шудани Озмоишгоҳи нави муосири таҳқиқи равандҳои атмосферӣ пеш ба ҳама онҳое, ки дар ин раванд саҳми худро гузоштанд ва барои амалӣ намудани ин иқдом мусодиат намуданд миннатдории самимонаи худро изҳор менамояд. Аз ин ҷумла Донишгоҳи Ланҷжоуи ҚХХ ва Коллеҷи илмҳои атмосферии донишгоҳи мазкур ва олимону мутахассисони онҳоро таҳти роҳбарии академики Академияи илмҳои ҚХХ Чянпинг Хуан, ки лабораторияи мазкурро пешниҳод намуданд, президенти АМИТ, академик Ф.Раҳимӣ ва муассисаҳои АМИТ, ки барои қорҳои ташкилотӣ дастгирӣ намуданд, Агентии обунавовиносии Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ва ҳамчунин ташкилоту идораҳои кишварро зикр намудан зарур аст, ки барои рушди яке аз самтҳои муҳими физикаи тоҷик мусоидат намуданд.

Умедвор ҳастем, ки иқдоми мазкур боз як қадами навбатӣ баҳри ба таври самаранок амалӣ намудани ҳадафҳои стратегияҳои миллии кишвар ва нақшаи амали “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф”, ки бевосита бо ташаббус ва аз ҷониби Сарвари кишвар эълон шудаанд мусоидат намуда, боз як қадами рушди имконияти технологияи кишвар вобаста ба мониторинг ва таҳлили аэрозолҳои атмосферӣ ва сифати ҳаво мегардад.

Бояд қайд намуд ки ин муносибатҳои илмии байналмилалӣ ва таҳқиқоти сатҳи баланди илмӣ бе истиклолияти миллии ва Ваҳдати миллии амалӣ намегардид. Бо сарфарозӣ метавон гуфт, ки қулли қормандони Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон дар пайравӣ ба сиёсати созанда ва илмпарваронаи Асосгузори сулҳу Ваҳдати миллии, Пешвои миллат, Қаноби Олӣ, муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон баҳри татбиқи ормонҳои миллат, таҳкими сулҳу суббот ва ваҳдати миллат, баланд бардоштани сатҳи маънавиёт, фарҳанг, тарбияи мутахассисони дилсӯзу садоқатманд

пайваста кӯшиш намуда, баҳри ободӣ, шукуфоии Ватани азиз ва ба як кишвари пешрафта, мутамаддин ва мутараққӣ табдил додани Тоҷикистони азиз ва дарёфти мақоми шоистаи он дар ҷомеаи ҷаҳонӣ хизмат хоҳанд кард.

Манбаъҳо

1. <http://www.istc.kz/ru/article/7606>.
2. <https://www.elibrary.ru/contents.asp?issueid=1105667>.
3. <http://polly.rsd.tropos.de/?p=bilder&lambda=1064&Jahr=2015&Monat=8&Tag=9&Ort=10#bildanker>.
4. <https://www.e3s-conferences.org/caduc-2019>.
5. <https://www.anrt.tj/tj/khabar-o/990-konfronsi-changu-khoki-osijoi-markaz-kchkhom>.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАНТОВЫХ СИСТЕМ С ВЫСОКИМ ЗНАЧЕНИЕМ СПИНА: КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ФУНКЦИИ ОРИЕНТИРОВАННЫХ СОСТОЯНИЙ

Ф.Шокир

*Физико-технический институт им. С.У. Умарова Национальной академии наук
Таджикистана, Душанбе, Таджикистан*

E-mail: farhod0475@mail.ru

В данной работе на основе представления Майораны проведено исследование вопросов математического моделирования состояния квантовых систем со спиновым числом $S = j\hbar$. Получено выражение для корреляционных функций ориентированных состояний квантовых систем для общего случая: $j \geq 1/2$.

Известно, что эволюция произвольного двухуровневого спинового состояния ($S = \hbar/2$) может быть однозначно представлена траекторией точки (P') на сфере Блоха (рис. 1), которая соответствует концу эволюционирующего единичного изовектора ($\overrightarrow{OP'}$), с началом в центре данной сферы [1, 2]. Напомним, что сфера Блоха – это единичная 2-сфера (S^2)

$$S^2 = SU(2)/U(1) = SO(3)/SO(2) = S^3/S^1, \quad (1)$$

в которой противоположные точки соответствуют паре взаимно ортогональных векторов состояния. [3]. На рис. 1а показана стереографическая карта, где сфера Блоха представляет собой геометрическое представление пространства состояний квантовой системы со спином $S = 1/2$. Таким образом, сфера Блоха по сути является сферой Римана – геометрическим представлением расширенной комплексной плоскости $\hat{\mathbb{C}} = \mathbb{C} \cup \{\infty\}$, но с дополнительной структурой, где каждая пара противоположных точек на поверхности сферы представляет взаимно-ортогональное состояние. Сфера Блоха применяется в частности, для геометрического представления кубита – квантового состояния в двухуровневой системе, а также при описании состояния поляризации света (сфера Пуанкаре).

В формальных математических терминах проективное гильбертово пространство H для двумерной системы — это комплексная проективная прямая $\mathbb{C}P^1$, то есть сфера Римана.

В работе [5] Э. Майораны разработан метод построения состояния системы $|\psi\rangle^{(s)}$ с произвольным спином S в качестве суперпозиции системы $2S$ частиц со спином $S = \pm 1/2$

$$|\psi\rangle^{(s)} = C_s |\psi\rangle_s^{(1/2)} + C_{s-1} |\psi\rangle_{s-1}^{(1/2)} + \dots + C_{-s} |\psi\rangle_{-s}^{(1/2)}. \quad (2)$$

Обозначением $|\psi\rangle_s = |s, m\rangle$ ($m \in [-s, s]$) выражение (2) принимает следующий вид: $|\psi\rangle^{(s)} = \sum_{m=-s}^s C_m |s, m\rangle$. То есть состояние квантовой спиновой системы $|\psi\rangle^{(s)}$ может быть представлено точками $P_1(\theta_1, \varphi_1)$, $P_2(\theta_2, \varphi_2)$, ..., $P_{2S}(\theta_{2S}, \varphi_{2S})$ на сфере S^2 (1), где сферические координаты $\theta_s(t)$ и $\varphi_s(t)$ (углы Эйлера) удовлетворяют следующим соотношениям: $\text{tg} \frac{\theta_s}{2} e^{i\varphi_s} = \zeta_s(\theta_s, \varphi_s)$, $\theta_s \in [0, \pi]$, $\varphi_s \in [0, 2\pi]$. Комплексные числа $\zeta_s = x_s + iy_s$ (точка O_1 на рис. 1а) плоскости $z(x, y)$, проходящей через центр сферы Блоха в настоящей работе рассмотрены в качестве прообразов (стереографической проекции) точки P' сферы Блоха на $z(x, y)$ с точностью до знака третьей изоспиновой координаты $(s_1, s_2, \pm s_3)$ единичного изовектора $\overline{OP'}$ - $\zeta_s(x_s, y_s) = x_s + iy_s = \frac{s_1 + is_2}{1 \pm s_3} = \text{tg} \frac{\theta_s}{2} e^{i\varphi_s}$, с учетом специального применения свойств стереографической проекции $|\zeta_s| \leq 1$ [2, 3].

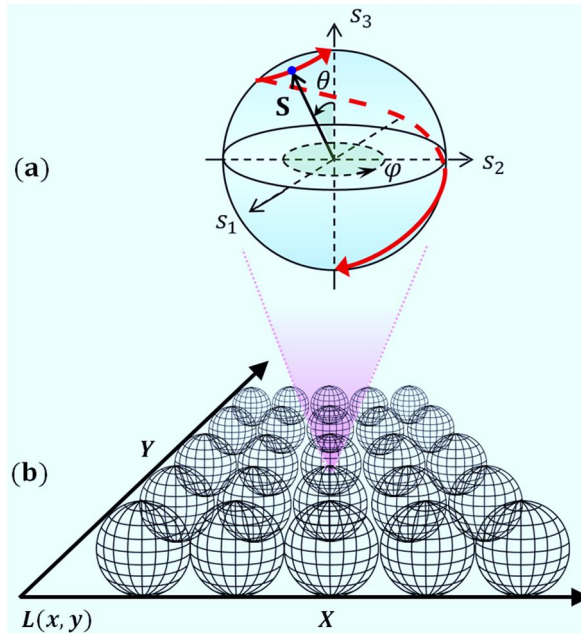


Рис. 1. Сфера Блоха (а): s_1, s_2, s_3 – изоспиновые координаты; $\theta(t), \varphi(t)$ – сферические координаты; 2D расслоённое пространство (б).

В работе [5] для комплексных чисел $\zeta_s(x_s, y_s)$ получено следующее выражение (полином Майораны)

$$a_0 \zeta^{2s} + a_1 \zeta^{2s-1} + \dots + a_{2s} = 0,$$

$$a_r = (-1)^r \frac{C_{s-r}}{\sqrt{(2s-r)! r!}}$$

Многочлен имеет $2S$ комплексных корней, которые при обратной стереографической проекции на сферу Блоха (1) образуют $2S$ точек, описывающих динамику единичных изовекторов с началом в центре данной сферы [2, 3].

Вычислим значения ζ_s для квантовых систем с различными спиновыми числами $S = \hbar: \hbar \geq \frac{1}{2}$.

1). $S = 1/2$. Простейшее базовое состояние с единственной точкой $\zeta_{1/2}$:

$$|\psi\rangle^{(1/2)} = C_{+1/2} |\psi\rangle_{+1/2}^{(1/2)} + C_{-1/2} |\psi\rangle_{-1/2}^{(1/2)},$$

$$\zeta_{1/2}(\theta_{1/2}, \varphi_{1/2}) = \text{tg} \frac{\theta_{1/2}}{2} e^{i\varphi_{1/2}} = \frac{C_{-1/2}}{C_{+1/2}}.$$

$$\overline{OP'} = \begin{pmatrix} S_1^{(1/2)} \\ S_2^{(1/2)} \\ S_3^{(1/2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin \theta_{1/2} \cos \varphi_{1/2} \\ \sin \theta_{1/2} \sin \varphi_{1/2} \\ \cos \theta_{1/2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{2x_{1/2}}{1 + \zeta_{1/2}\zeta_{1/2}^*} \\ \frac{2y_{1/2}}{1 + \zeta_{1/2}\zeta_{1/2}^*} \\ \frac{1 - \zeta_{1/2}\zeta_{1/2}^*}{1 + \zeta_{1/2}\zeta_{1/2}^*} \end{pmatrix},$$

$$x_{1/2} = \frac{\sin \theta_{1/2} \cos \varphi_{1/2}}{1 \pm \cos \theta_{1/2}}, \quad y_{1/2} = \frac{\sin \theta_{1/2} \sin \varphi_{1/2}}{1 \pm \cos \theta_{1/2}}, \quad |\overline{OP'}| = 1.$$

Моделирование (рис. 1б) эволюции квантовых симметричных систем со значением спина $S = 1/2$ более подробно рассмотрено, в частности, в работах [2, 3].

2). $S = 1$. Двухмодовая бозонная система с $(2S)$ репрезентативными точками $\zeta_{1,2}$:

$$|\psi\rangle^{(1)} = C_1|\psi\rangle_1^{(1)} + C_0|\psi\rangle_0^{(1)} + C_{-1}|\psi\rangle_{-1}^{(1)},$$

$$\zeta_{1,2}(\theta_{1,2}, \varphi_{1,2}) = \operatorname{tg} \frac{\theta_{1,2}}{2} e^{i\varphi_{1,2}} = \frac{C_0 \pm \sqrt{C_0^2 - 2C_1C_{-1}}}{\sqrt{2}C_1}.$$

3). Общий случай: $S = \frac{n}{2}\hbar$: $n = 1, 2, 3, \dots$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{+\frac{1}{2}}^{(\frac{\hbar}{2})} \zeta - C_{-\frac{1}{2}}^{(\frac{\hbar}{2})} = 0 \\ C_{+1}^{(\hbar)} \zeta^2 - \sqrt{2}C_0^{(\hbar)} \zeta + C_{-1}^{(\hbar)} = 0 \\ C_{+\frac{3}{2}}^{(\frac{3\hbar}{2})} \zeta^3 - \sqrt{3}C_{+\frac{1}{2}}^{(\frac{3\hbar}{2})} \zeta^2 + \sqrt{3}C_{-\frac{1}{2}}^{(\frac{3\hbar}{2})} \zeta - C_{-\frac{3}{2}}^{(\frac{3\hbar}{2})} = 0 \\ C_{+2}^{(2\hbar)} \zeta^4 - 2C_{+1}^{(2\hbar)} \zeta^3 + \sqrt{6}C_0^{(2\hbar)} \zeta^2 - 2C_{-1}^{(2\hbar)} \zeta + C_{-2}^{(2\hbar)} = 0 \\ C_{+\frac{5}{2}}^{(\frac{5\hbar}{2})} \zeta^5 - \sqrt{5}C_{+\frac{3}{2}}^{(\frac{5\hbar}{2})} \zeta^4 + \sqrt{10}C_{+\frac{1}{2}}^{(\frac{5\hbar}{2})} \zeta^3 - \sqrt{10}C_{-\frac{1}{2}}^{(\frac{5\hbar}{2})} \zeta^2 + \sqrt{5}C_{-\frac{3}{2}}^{(\frac{5\hbar}{2})} \zeta - C_{-\frac{5}{2}}^{(\frac{5\hbar}{2})} = 0 \\ \dots \\ \sum_{r=0}^{2S} (-1)^r N_r^{(S)} C_{S-r} \zeta^{2S-r} = 0 \end{array} \right. , \quad (3)$$

где $N_r^{(S)}$ – характеристическая функция, удовлетворяющая следующим условиям:

$$N_r^{(S)} = \begin{cases} 1, & r = 0 \cup r = 2S \\ \sqrt{\left(N_{r-1}^{(S-\frac{1}{2})}\right)^2 + \left(N_r^{(S-\frac{1}{2})}\right)^2}, & 0 < r < 2S \end{cases}.$$

Представление Майораны квантовых спиновых систем посредством $(2S)$ репрезентативных точек (P') становится особенно простым в случае ориентированных состояний: $\angle POP' = \pi$ (рис. 1а), где каждое из двух состояний $|\psi\rangle_{(2S)}^{(OP)}$, $|\psi\rangle_{(2S)}^{(OP')}$ обладает спиновым числом $m\hbar$, $m'\hbar$ кратным $\frac{1}{2}\hbar$. В общем случае вероятность согласования данных состояний при $\angle POP' = \alpha$ определена в работе [5] в следующем виде:

$$\mathbb{P}_{cor}(F(\hbar)) = F_1 F_2^2, \quad (4),$$

$$F_1(\alpha, j, m, m') = \left(\cos \frac{\alpha}{2}\right)^{4j} (j+m)! (j-m)! (j+m')! (j-m')!,$$

$$F_2(\alpha, r, j, m, m') = \sum_{r=0}^{2j} \frac{(-1)^r \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right)^{2r-m+m'}}{r!(r-m+m')!(j+m-r)!(j-m'-r)!}.$$

Вычислим значения $\mathbb{P}_{cor}(F_k(S))$ для ориентированных (рис. 2) квантовых систем с различными спиновыми числами $S = j\hbar$: $j \geq \frac{1}{2}$.

1). $S = \frac{1}{2}\hbar$. Базовое (фермионное) состояние с единственной точкой $\zeta_{1/2}$ на сфере Блоха S^2 и двумя значениями конца единичного изовектора $\overline{OP'}$ в нижнем $|\downarrow\rangle$ ($\alpha_1 = 0$) и верхнем $|\uparrow\rangle$ ($\alpha_2 = 2\pi n$) (точнее в диаметрально противоположных) полюсах сферы S^2 (рис. 2а):

$$\mathbb{P}_{cor}\left(F\left(j = \frac{1}{2}, m, m' = \pm \frac{1}{2}\right)\right) = \cos^2 \frac{\alpha}{2}.$$

2). $S = \hbar$. Двухмодовая бозонная система с двумя репрезентативными точками ζ_1 и состояниями спина $|\uparrow, \uparrow\rangle, |\uparrow, \downarrow\rangle, |\downarrow, \uparrow\rangle, |\downarrow, \downarrow\rangle$ (рис. 2б):

$$\mathbb{P}_{cor}(F(j = 1, m, m' = \pm 1)) = \cos^4 \frac{\alpha}{2},$$

$$\mathbb{P}_{cor}(F(j = 1, m, m' = 0)) = \cos^2 \alpha.$$

3). $S = \frac{3}{2}\hbar$. Система с тремя точками $\zeta_{3/2}$ (рис. 2в):

$$\mathbb{P}_{cor}\left(F\left(j = \frac{3}{2}, m, m' = \pm \frac{3}{2}\right)\right) = \cos^6 \frac{\alpha}{2},$$

$$\mathbb{P}_{cor}\left(F\left(j = \frac{3}{2}, m, m' = \pm \frac{1}{2}\right)\right) = \cos^2 \frac{\alpha}{2} \left[3 \cos^2 \frac{\alpha}{2} - 2\right]^2.$$

4). Общий случай ($j \geq \frac{1}{2}$): $S = \frac{n}{2}\hbar$; $n = 1, 2, 3, \dots$ с $2S$ точками ζ_S :

$$\mathbb{P}_{cor}(F(S)) = \begin{cases} \cos^{4S} \frac{\alpha}{2} & |m|, |m'| = \frac{S}{2} \\ \frac{1}{G} \cos^{4(S-1)} \frac{\alpha}{2} \Psi_{(1)}^2(S) & |m|, |m'| = \frac{S}{2} \hbar - 1 \\ \frac{1}{G^2} \cos^{4(S-2)} \frac{\alpha}{2} \Psi_{(2)}^2(S) & |m|, |m'| = \frac{S}{2} \hbar - 2 \\ \dots \\ q_k \cos^{4(S-k)} \frac{\alpha}{2} \Psi_{(k)}^2(S) & |m|, |m'| = \frac{S}{2} \hbar - k \end{cases}, \quad (4^*)$$

$$\Psi_k^2(S) = C_k^{(j)} \cos^k \alpha + C_{k-1}^{(j-1)} \cos^{k-1} \alpha + \dots + C_1^{(2)} \cos^1 \alpha + C_0^{(1)},$$

$$q_k = G^{-k}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, n = 1, 2, 3, \dots$$

Для общего случая $\mathbb{P}_{cor}(F(S))$ (3*) коэффициенты C_k^S имеют следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_0^{(j)} = \{1, j_1 \\ C_1^{(j)} = 2 \begin{cases} 1 - S, & j_1 \\ S, & j_2 \end{cases} \\ C_2^{(j)} = \begin{cases} 2S^2 - 9S + 8, & j_1 \\ -2(2S^2 - 5S + 2), & j_2 \\ S(2S - 1), & j_3 \end{cases} \\ C_3^{(j)} = 2 \begin{cases} -3^{-1}(2S^3 - 21S^2 + 64S - 57), & j_1 \\ 2S^3 - 15S^2 + 31S - 18, & j_2 \\ -2S^3 - 9S^2 + 10S - 3, & j_3 \\ 3^{-1}(2S^3 - 3S^2 + S), & j_4 \end{cases} \\ C_4^{(j)} = 3^{-1} \begin{cases} 2^{-1}(4S^4 - 76S^3 + 491S^2 - 1283S + 1152), & j_1 \\ -2(4S^4 - 60S^3 + 299S^2 - 591S + 396), & j_2 \\ 3(4S^4 - 44S^3 + 155S^2 - 211S + 96), & j_3 \\ -2(4S^4 - 28S^3 + 59S^2 - 47S + 12), & j_4 \\ 2^{-2}(2S - 3)(2S - 2)(2S - 1)S, & j_5 \end{cases} \end{array} \right. \quad (5)$$

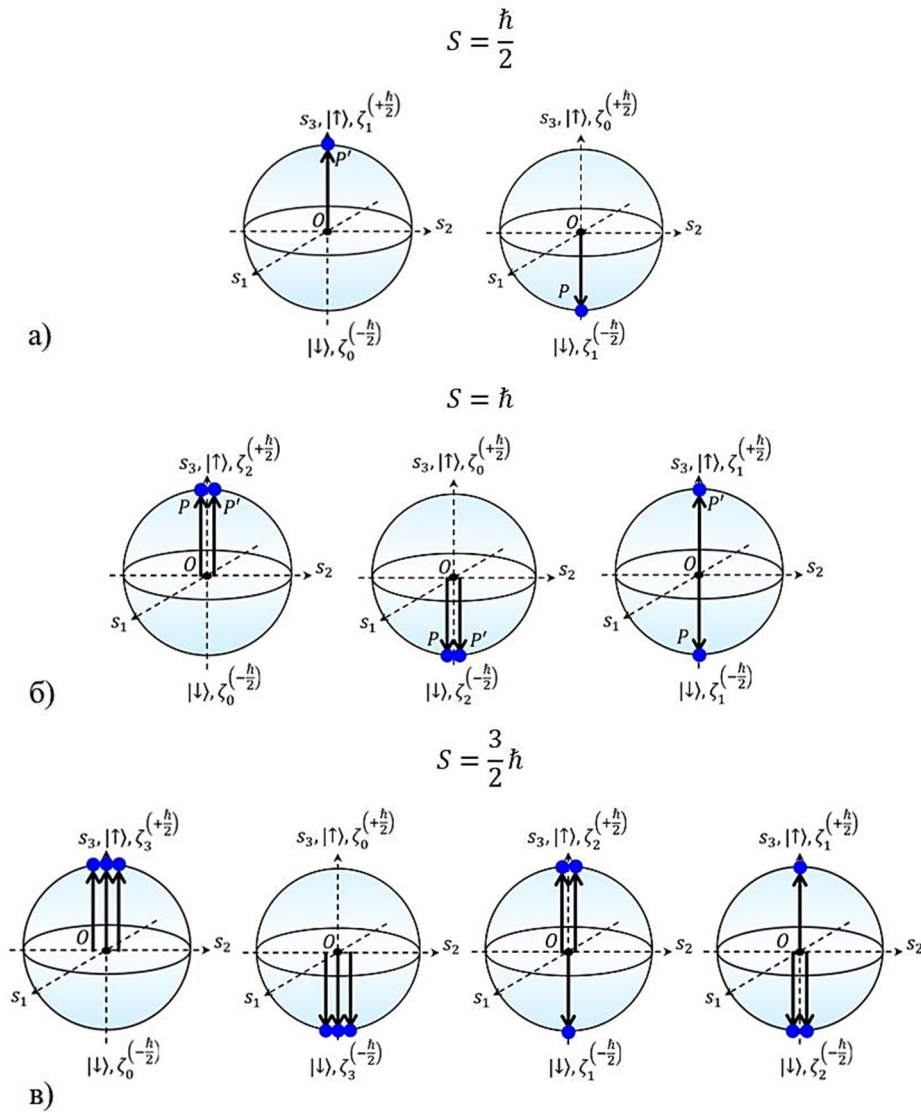


Рис. 2. Представление Майораны ориентированных квантовых спиновых систем в виде $2S$ симметричных состояний на сфере Блоха S^2 при: а) $S = \frac{1}{2} \hbar$; б) $S = \hbar$; в) $S = \frac{3}{2} \hbar$.

Алгебра $SU(2)$ является одним из важных примеров эффективного применения теории групп и их представлений, используемая, в частности, как при исследовании квантовых спиновых состояний, так и при классификации элементарных частиц. Метод, разработанный Майораной для представления чистых симметричных состояний с произвольным значением спина в виде произведения базовых спиновых состояний ($S = 1/2$), является уникальным и эффективным способом практического упрощения исследуемых задач. В настоящей работе представлены результаты расчетов по применению метода Майораны для описания квантовых систем со значением спина $S > 1/2$, в частности определен общий вид (3) системы полиномов Майораны. Представлены результаты расчетов по применению метода Майораны для описания корреляционных функций, а также вероятности согласования ориентированных квантовых систем $|\psi\rangle_{(2S)}^{(j\hbar)}$ (2) при различных значениях спинового числа $S = j\hbar$. В частности, определен общий вид функции распределения вероятности согласования ориентированных спиновых систем $\mathbb{P}_{cor}(F(S))$ (4*), (5) Полученные результаты могут быть применены для проведения моделирования и визуализации эволюции квантовых систем с высокими значениями спина

($S > 1/2$). Представление Майораны также актуально для задач, связанных с исследованием свойств симметрии квантовых систем, многоуровневых кубитов, геометрических фаз, запутанности [4-9] и т.д.

Литература

1. Aerts D., Sassoli M.B. The extended Bloch representation of quantum mechanics and the hidden-measurement solution to the measurement problem. – Ann. Phys., 2014, v. 351, pp. 975–1025.
2. Муминов Х.Х., Шокиров Ф.Ш. Математическое моделирование нелинейных динамических систем квантовой теории поля: монография. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017, 375 с.
3. Муминов Х.Х., Шокиров Ф.Ш. Динамика взаимодействия топологических солитонов в обращенном времени. – Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018, № 5, с. 10–22.
4. Y.Su, F.Yao, H. Liang, Y. Che, L. Fu, X. Wang. Majorana stellar representation for mixed-spin ($s, 1/2$) systems. – Chinese Phys. B 30, 2021, pp. 030303 (1–8).
5. Majorana E. Atomi orientati in campo magnetico variabile. – Nuovo Cim 9, 1932, pp. 43–50.
6. Liu H., Fu L., Wang X. Coherent-State Approach for Majorana Representation. – Commun. Theor. Phys., 2017, v. 67, №611, pp. 611–618.
7. Dogra S., Vepsalainen A., Paraoanu G.S. Majorana representation of adiabatic and superadiabatic processes in three-level systems. – Physical Review Research, 2020, v. 2, pp. 043079 (1-12).
8. Bohnet-Waldruff F., Braun D., Giraud O. Quantumness of spin-1 states. – Physical Review A 93, 012104 (2016), 012104 (1-10).
9. Zhong, Y., Chang, HS., Bienfait, A. et al. Deterministic multi-qubit entanglement in a quantum network. Nature 590, 571–575 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03288-7>.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ УСТАНОВОК И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ ГЕОМАТЕРИАЛОВ И ГОРНЫХ МАССИВОВ

Х.Ф.Махмудов

ФТИ им А. Ф. Иоффе, г. Санкт Петербург

E-mail: h.machmoudov@mail.ioffe.ru

В работе рассматриваются фундаментальные вопросы механизмов разрушения и их контроля, а также вопросы диагностики материалов, веществ и природной среды. Исследование механизмов разрушения геоматериалов (природных твердых тел и диэлектриков, естественных природных горных массивов), механизмов трещиностойкости (до зародышевых процессов и момент зародышевых трещин на нанодфектном уровне в наносекундном диапазоне времени) при различных воздействиях (квазистатистическое деформирование, электромеханическое поле, СВЧ и ВЧ электромагнитные поля, импульсно механическое и ударно-электрическое поле) и регистрация эмиссионных явлений с помощью разработанных новых методов исследования, а также анализ полученных данных и вторичных эффектов, являются актуальными в этой области исследований. Деформация и разрушение сопровождаются различными эмиссионными явлениями - поляризационными, электромагнитными, световыми, акустическими упругими волнами. Их регистрация, анализ и практическое применение (в т. ч. вторичных эффектов) важны в практическом применении их в новом аспекте. Геоматериалы (твердой природной породы, диэлектрики, композиты), состоящие из полупроводников, ферромагнетиков и диэлектриков, важны и актуальны не только в аспекте материаловедения, но и с точки

зрения применения их в микроэлектронике, акустооптике, оптической голографии, геофизике, недропользовании, и других областях науки. Также существует множество современных новых искусственных материалов, имеющих слоистую периодическую или композитную структуру. Изучение их физических свойств и различных механизмов разрушения в части зарождения и возникновения нанодефектов и нанотрещин и их контроль, диагностика, регистрация актуальны в настоящее время.

В работе решены вышеуказанные актуальные научные проблемы в этой приоритетной области исследований посредством разработки и усовершенствования новых устройств, установок, методик и создания новых лабораторных установок [1-9]. Измерение эмиссионных явлений различной физической природы реализовано с использованием средств регистрации высокого пространственно-временного (наносекундного) разрешения с одновременным запуском посредством комбинирования различных методов: электрометрические (ЭМ), электромагнитные (СВЧ и ВЧ), световые (фрактолюминесценция (ФЛ)), акустико-эмиссионные (АЭ) [4-6]. Фундаментальные вопросы разрушения (трещиностойкости) гетерогенных материалов, которые долгое время изучались по государственному заданию и по направлению финансирования грантов РФФИ в отделе физики твердого тела лаборатории "Физика прочности" при участии и руководстве автора [7-9]. При этом, некоторые вопросы разрушения и трещинообразования, а также обширное изучение процессов деформации и разрушения различных твердых материалов с использованием современных физических методов, таких, как электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, оптическая, электронная спектроскопия и микроскопия, а также разработка метода и аппаратно-программных средств неразрушающего контроля изделий, получаемых с помощью аддитивных технологий, на основе спектральной термографии и локального деформирования оказалось несколько недостаточно для полного понимания описываемых некоторых физических явлений. В данной работе автор показывает успешную реализацию технических задач и решает эти проблемы посредством совершенствования и создания методов и лабораторных установок, разработки схем и датчиков [10,11]. В работе решено и подробно описано решение вышеупомянутых приоритетных малоизученных областей, а также показано исследование механизма разрушения геоматериалов на молекулярном атомном и нанодефектном уровне [12-14]. Например, концентрационная модель разрушения [15, 16] в той же лаборатории методами АЭ была изучена и подтверждена двумя статьями разрушения [17-20], но вопросы прямых наблюдений зародышевых трещин в твердых гетерогенных материалах прямыми методами наблюдения оставались нерешенными.

Методы и методологии

Бесконтактная регистрация слабых зарядов и регистрация их релаксации осуществлена. Бесконтактная регистрация слабых зарядов и регистрация их релаксации осуществлена с помощью разработанного и усовершенствованного автором бесконтактного электрометра [1,3,6]. Изучено электростатическое поле образца мрамора. Установлено, что слабое механическое воздействие приводит к релаксации поля за счет диффузии молекул воды в объеме образца (процесс образования водородных связей: - О-Н...О-С-) [21-23]. При этом также подробно изучен механизм трансформации электромагнитных полей (под СВЧ и ВЧ), направленных к вышеупомянутой молекуле воды [24-27], и их дальнейшей термофлуктуации, приводящей к трещинообразованию (разрушению). Одновременно подробно описан теоретический механизм трансформации высокочастотных (ВЧ) и микроволновых (СВЧ) волн и их отличия от термического флуктуационного разрушения

твёрдого тела под воздействия механических напряжений. Также проведен цикл экспериментов по деформированию цилиндрических образцов из мрамора, с целью комплексного исследования формирования макроразрыва [28, 29]. Одноосное сжатие образцов реализовалось в режиме постоянной скорости подачи плунжера пресса. В процессе экспериментов регистрировались деформация, изменение электростатического поля у поверхности образцов и акустическая эмиссия (АЭ): времена регистрации, координаты и амплитуда сигнала. Для измерения электростатического потенциала был разработан электрометр с чувствительностью $4 \cdot 10^{-15}$ Кл/мВ в полосе частот $10^{-5} - 10^5$ Гц. Формирование плоскости разрушения под углом 28-30 градусов к вертикальной оси цилиндра контролировалось изменением продольной и поперечной деформации, а также параметрами АЭ.

После первоначального дисперсного накопления дефектов в образце достигается плотность дефектов, достаточная для зарождения локального очага разрушения в верхней части образца, который оказывается первым звеном в формировании плоскости макроразрыва, на что указывает его ориентация относительно оси цилиндра. Зародившаяся плоскость макроразрыва является зоной повышенных локальных напряжений, что стимулирует зарождение в ней новых дефектов, а следовательно, может приводить к появлению новых локальных очагов. Такой очаг со сдвигом по времени относительно предыдущего появляется в нижней части образца в области макроразрыва. Потеря им устойчивости приводит к дальнейшему развитию плоскости макроразрыва. Фактическое формирование этой плоскости завершается разрушением образовавшейся перемычки между рассмотренными очаговыми зонами в центральной части образца. Этот процесс также кинетический и проходит в виде двух стадий [15-19]: стационарной в локализованной области и нестационарной, очаговой. После потери последним очагом устойчивости, разрушение делокализуется по всей плоскости макроразрыва, сопровождается началом непрерывного падения внешней нагрузки и приводит к атермическому долому образца. Выход макроразрыва на боковую поверхность образца по времени совпадает с регистрацией скачкообразного изменения электростатического потенциала [28].

Существенный вклад в АЭ при пластическом деформировании материалов вносит динамика дислокаций, хотя основная часть энергии, связанной с ней, превращается в тепло при взаимодействии дислокаций с термическими фононами. Согласно оценкам, на излучение упругих волн расходуется около 1% энергии пластической деформации, обусловленной дислокационными механизмами. Энергия, выделяемая при отдельном акте рождения, перемещения или исчезновения дислокации, настолько мала, что не может быть зарегистрирована АЭ-аппаратурой.

В данной работе автор также рассматривает успешную реализацию методики прямого наблюдения и регистрации (в лабораторных условиях) динамика разрушения зародышевых трещин. Регистрации зародышевых трещин в образцах горных пород при импульсном воздействии посредством метода фракталоминиценции (ФЛ) [30-32]. Для различных горных пород (кварцевое стекло, гранит) сравниваются механизмы образования трещин под механическим воздействием и под воздействием ударными волнами - ударное (электродуговое) и механическое (импульсное) разрушение [33-34].

Иерархия процесса разрушения нагруженных материалов

Многочисленные исследования процесса накопления трещин в различных твёрдых телах (полимерах, металлах, кристаллах, стеклах и горных породах) под влиянием напряжений [15-16] показали: когда концентрация трещин в объеме тела достигает

значения, при котором среднее расстояние между двумя соседними дефектами $\langle L \rangle$ в $e = 2,7$ раз, больше их среднего размера $\langle y \rangle$

$$\frac{\langle L \rangle}{\langle y \rangle} = \frac{1}{\sqrt[3]{X_c}} \approx 2,7, \quad (1)$$

они начинают укрупняться. На этом основании в [15] был предложен двухуровневый механизм разрушения, согласно которому после приложения напряжений в теле начинается процесс накопления трещин приблизительно одного размера; когда их концентрация достигнет критического значения X_c , они начинают укрупняться и образуется очаг разрушения, рост которого приводит к разрушению образца. Однако проведенный недавно анализ процесса накопления акустических сигналов от нагруженных гранитов показал, кинетика разрушения имеет более сложный характер [17, 18,]. Было обнаружено, что процесс накопления трещин имеет, по крайней мере, четыре иерархических уровня. Данная работа входит в круг такого рода исследований.

Ее цель – выяснить, имеет ли обнаруженный многоуровневый иерархический характер накопления трещин общий характер или он обусловлен особенностями разрушения горных пород.

Для решения задачи были проанализированы и сопоставлены результаты исследований накопления трещиноподобных дефектов с линейными размерами $10 \dots 10^3$ нм на поверхности металлов и трещин с размерами $0,1 \dots 1$ мм в объеме гранитов «Westerly» и «Narscourt».

Кинетика накопления дефектов с нанометровыми размерами на поверхности напряженных металлов изучалась при помощи сканирующей туннельной микроскопии, а трещин в объеме гранитов – при помощи акустической эмиссии.

Типичный трещиноподобный нанодефект, образовавшийся на поверхности меди под действием одноосного растягивающего напряжения 400 Мпа, показан на рис. 1, а. Направление стенок параллельно плоскостям скольжения дислокаций, его глубина дефекта ≈ 15 нм, а длина стенок ≈ 50 нм. С течением времени они укрупняются и достигают размеров 10 мкм.

Распределения дефектов по размерам в приведенных координатах на поверхностях меди, золота и молибдена под различными напряжениями и в различное время после приложения напряжения показаны на рис. 2. Форма распределений универсальна.

Для описания распределения использовано выражение для канонического распределения термодинамической вероятности флуктуаций энергии при постоянном объеме, полученное Гиббсом [36]:

$$f(E) = \beta \frac{(\beta E)^{m-1}}{\Gamma(m)} \exp(-\beta E),$$

где m – число степеней свободы; $\beta \equiv 1/k_B T$. Энтропия системы имеет максимальное значение.

Энергия образования нанодефекта прямопропорциональна длине его стенок, поэтому выражение (1) переписывается в виде

$$n(y) = n_0 y^2 \exp(-\beta y \Delta U_0), \quad (2)$$

где $n(y)$ – концентрация нанодефектов с длиной стенок y ,

$$n_0 \equiv C_a \beta \frac{(\Delta U_0)^2}{2};$$

C_a – нормировочная постоянная. Оказалось, что сумма выражений (2)

$$n_e(y) = \sum_{i=1}^n n_{0i} y_i^2 \exp(-\beta y_i \Delta U_{0i}) \quad (3)$$

описывает экспериментальные распределения нанодфектов по размерам на поверхностях всех исследованных металлов.

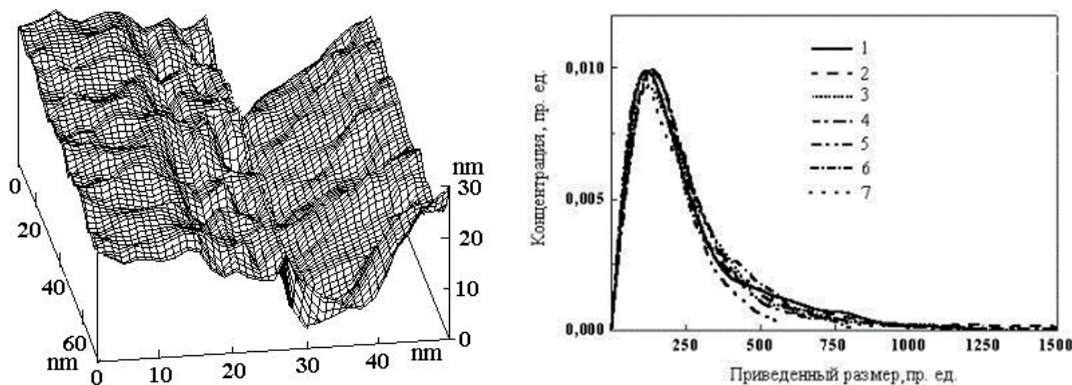


Рис. 1. Нанодфект на поверхности меди. Рис. 2. Приведенные распределения дефектов, образовавшихся на поверхностях напряженных образцов меди (1–5), золота (6) и молибдена (7)

Использование выражения (3) подразумевает, что совокупность нанодфектов состоит из нескольких статистических термодинамических ансамблей, отличающихся средними значениями размеров нанодфектов и энергиями их образования ΔU_i . Эти представления для исследованных металлов были прямо подтверждены в работах [39; 40]. На этом основании был сделан вывод: трещиноподобные нанодфекты образуют статистические ансамбли, а их распределения по размерам заданы максимальным значением энтропии [41].

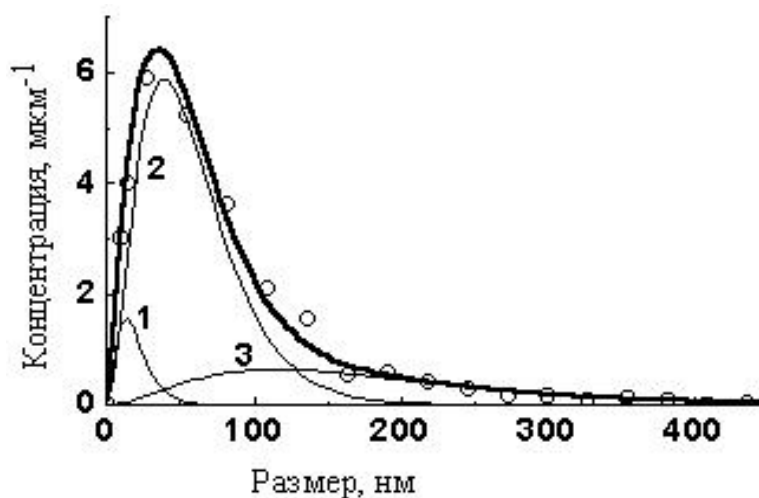


Рис. 3. Аппроксимация распределения нанодфектов на поверхности меди по глубине через 144 h (тонкие линии – распределения нанодфектов для 1, 2 и 3 ансамблей); сплошная линия – суммарное распределение

Энергия, выделяемая при образовании трещин, пропорциональна квадрату амплитуды акустического сигнала A^2 , и выражение (3) преобразуется к виду

$$n_e(y) = \sum_{i=1}^n n_{0i} A_i^4 \exp(-\beta A_i^2 \Delta U_{0i}). \quad (4)$$

Исследования показали, что распределение квадратов амплитуд акустических сигналов также хорошо описывается выражением (4). Распределения квадратов амплитуд сигналов акустической эмиссии при сжатии гранитов «Harcourt» и «Westerly» показаны на рис. 4; 5. Результат сжатия позволил заключить, что распределение трещин по размерам в исследованных гранитах также задано максимальным значением энтропии, Число членов в сумме (4) для гранита «Harcourt» достигало 8, а «Westerly» – 4. Это означает, что трещины в граните «Harcourt» образуют 8, а в «Westerly» – 4 статистических термодинамических ансамбля. Исследования, проведенные в последние годы [42; 43], показали, что выражения (3) и (4) описывают распределения по размерам нанодфектов в металлах, структурных образований в полимерах, бактерий и грибов, длин протеиновых молекул и т. д. Следовательно, они имеют общий характер: во всех исследованных твердых телах структурные образования и трещины образуют совокупность статистических термодинамических ансамблей, распределение в каждом из которых задано максимальным значением энтропии и описывается выражением Гиббса для флуктуаций. Отношение средних размеров объектов в соседних ансамблях всегда равно 3. Эта закономерность была ранее установлена в работах Садовского и др. [44; 45] для блоков в горных породах, геоблоков и мегаблоков. Анализ показал, что энтропия идеальной смеси объектов, образующих статистические ансамбли, имеет максимальное значение, когда отношение их размеров равно 3. Следовательно, найденная ранее закономерность есть следствие стремления энтропии к максимуму. Рассмотрим закономерности образования и эволюции ансамблей трещин. Исследования показали, что со временем концентрация нанодфектов в металлах и трещин в горных породах в отдельных ансамблях осциллирует (рис. 5).

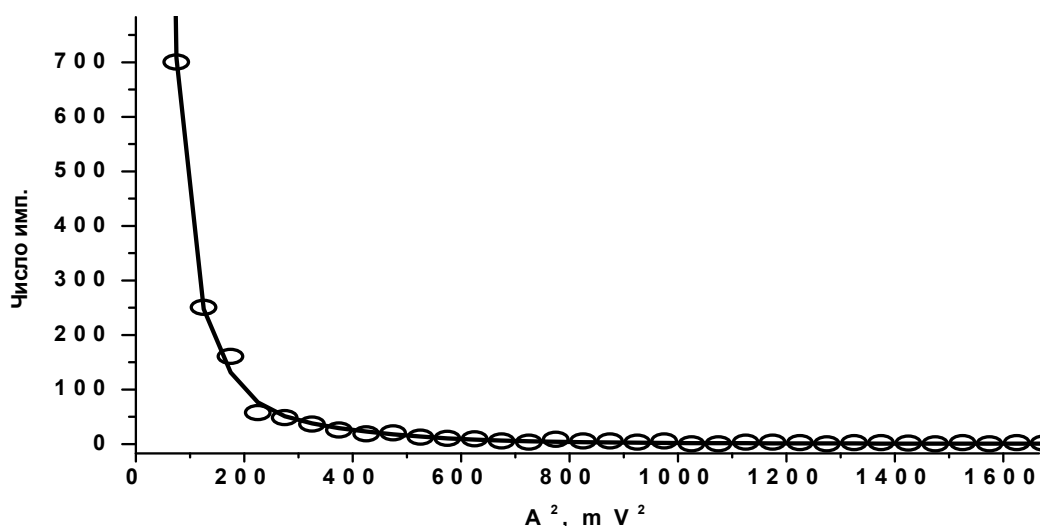


Рис. 4. Аппроксимация распределения квадратов амплитуд акустических сигналов от гранита «Westerly» по выражению (4).

Осцилляции концентрации в соседних ансамблях происходят в противофазе: увеличение концентрации крупных трещин всегда происходит за счет уменьшения

концентрации мелких. Таким образом, кинетика образования трещин имеет иерархический характер: трещины $i + 1$ -го ранга образуются из трещин i -го ранга.

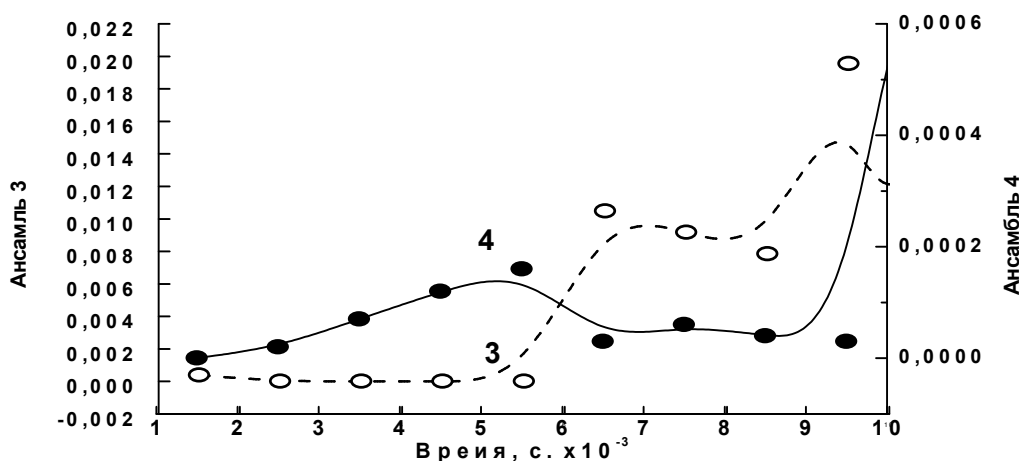


Рис. 5. Временные зависимости концентрации трещин, образующих 3 и 4 ансамбли в граните «Westerly»

Оказалось, что процесс образования следующего ансамбля, состоящего из более крупных трещин, чем рассматриваемый, всегда начинается, когда их концентрация достигает максимального значения $C_i^{cr} \approx 5\%$ от объема тела. Анализ показал, что при такой концентрации численная энтропия ансамбля трещин достигает максимального значения. С другой стороны, при такой термодинамически оптимизированной концентрации отношение среднего расстояния между трещинами к их среднему размеру удовлетворяет концентрационному критерию (1). Следовательно, этот критерий имеет фундаментальный характер: он показывает, при каком значении концентрации ансамбль трещин теряет устойчивость и перестраивается.

Также предложено исследование триггерного перехода в неравновесное состояние нагруженной горной породы. Исследование проведено в масштабе лабораторного эксперимента на примере гранитов из различных месторождений. Моделирование триггерного механизма осуществлено сочетанием статической сжимающей нагрузки и точечного ударного воздействия при взаимно-перпендикулярном приложении нагрузок [46].

В работе особое внимание уделено их практическому применению. Для изучения выбран специальный природный горный массив с бетонной обделкой, особо важный для подземных хранилищ РОС Атома. Подробно описано практическая значимость лабораторных опытов и натурных исследований в полевых условиях (распространение скоростей упругих волн в горном массиве с бетонной обделкой, их диагностика при трещинообразовании и АЭ контроле) [47]. Показана необходимость разработки шахтных датчиков и усилителей с обязательной калибровкой в полевых условиях, а также необходимость контроля и диагностики работоспособности оделённых каналов систем АЭ [48].

Данные АЭ-контроля, полученные в результате применения методики предложенной работе, указывают на возникновение в несущих целиках очагов трещинообразования. Реализуемая фильтрация АЭ-сигналов не позволяет достоверно отделить техногенный шум от сигналов имеющих естественную природу, что приводит к формированию ложных образов очагов разрушения. Особенности системы регистрации не

позволяют на данном этапе сделать вывод о степени опасности процессов трещинообразования для подземных сооружений [49].

Эти разработки впервые применены на действующих особых объектах для восстановления и проверки работоспособности отделённых частей акусто-эмиссионной системы, установленной для мониторинга состояния некоторых подземных сооружений ФГУПП «ГХК» РОСАТОМ. Практическое значение проекта подтверждено патентами автора и актом о внедрении результатов работы в ФГУПП «ГХК» РОСАТОМ [50-53].

Заключение

Следует указать научную новизну, которые впервые установлены или разработаны:

– Разработана методика и впервые создана установка, объединяющая в едином устройстве одновременные измерения с наносекундным разрешением по времени световой, акустической и электромагнитной эмиссий (ФЛ, АЭ и ЭМЭ) при импульсных воздействиях на образцы из твердых горных пород с использованием средств регистрации высокого пространственно-временного разрешения.

– Установлено, что ударная волна вызывает появление нескольких сотен струй плазмы, состоящей из положительно заряженных ионов. Если сжимающее давление не превышает $\sim (0,9 - 0,95)$ от разрушающего напряжения, то его величина не оказывает заметного влияния на распределение интенсивности излучающих источников. Также установлена динамика образования «зародышевых» микротрещин, получены спектры фотолюминесценции после разрушения. Фрактолюминесценция представляла собой набор сигналов длительностью ~ 50 ns, интенсивность которых изменялась на порядок. Предполагается, что сигналы фрактолюминесценции возникают при прорыве барьеров, препятствующих движению дислокаций по плоскостям скольжения, и образовании самых мелких - "первичных" трещин. Сжатие образцов препятствует образованию микротрещин. При уменьшении размеров зерен кварца и полевых шпатов среднее расстояние между микротрещинами уменьшается.

– Создана новая схема электрометра. Усовершенствован метод бесконтактного измерения слабых потенциалов. Бесконтактным методом измерена релаксация потенциала на природном диэлектрике при квазистатической нагрузке. Впервые установлено, что в основе явления релаксации заряда (энергия активации $E=0,08$ эВ), лежит процесс образования водородных связей: - О-Н...О-С-. Т.е. предложен новый метод оценки напряженного состояния путем измерения электрической поляризации твердых диэлектриков, не обладающих пьезоэлектрическим эффектом.

– Развита методика изучения микротрещиноватости, разупрочнения, деструкции твердых гетерогенных материалов при СВЧ нагреве и образования магистральной трещины с помощью ВЧ электродов и расчетов полей температур и полей термоупругих напряжений.

– Разработан, изготовлен и откалиброван пьезопленочный датчик для измерения напряжений упругой волны с линейной амплитудно-частотной характеристикой в диапазоне до 20 кГц.

– В комплекте с предварительным усилителем разработан, изготовлен и откалиброван АЭ датчик для установки в скважине диаметром 76 мм на закладной бетонируемой детали на горных выработках.

– Для последующего независимого анализа впервые разработан канал передачи банка данных системы АЭ мониторинга из штатного компьютера системы в компьютер

типа ноутбук. Развита методика фильтрации техногенных помех при акустико-эмиссионном мониторинге в отдельно взятом горном предприятии.

– Впервые создана методика проверки работоспособности акустических датчиков при проведении натуральных исследований акустических свойств горного массива и бетонной обделки в некоторых подземных сооружениях ФГУП «ГХК» Росатом. Определены передаточные характеристики штатных датчиков системы.

– Для горного массива и бетонной крепи разработана методика измерения энергии акустико-эмиссионных сигналов (АС) по абсолютной шкале (Дж). Показана возможность ее применения для метрологического обеспечения системы АЭ мониторинга в некоторых подземных сооружениях ФГУП «ГХК» Росатом.

Библиографический список

Основные результаты проекта опубликованы в 32 статьях в базе данных Scopus и докладывались: Доклады на международных конференциях, симпозиумах: за последний 5 лет, (19 раз), устный 15, стендовый 4.

1. Makhmudov, K. F. Wire-free method of measurements of weak electrostatic values under stationary and dynamic conditions / K. F. Makhmudov // Journal of Physics: Conference Series: International Conference PhysicA.SPb/2019 - Physics of Ferroics, Physics of Quantum Structures, Plasma Physics, Hydrodynamics and Aerodynamics, Surface Phenomena, Saint Petersburg, 22–24 октября 2019 года. Vol. 1400, 7. – Saint Petersburg: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 077057. – DOI 10.1088/1742-6596/1400/7/077057. – EDN DEHXQV.

2. Makhmudov, K. F. Absorbance and transformation of SHF electromagnetic waves in quartz-containing heterogenic materials / K. F. Makhmudov // Journal of Physics: Conference Series, Saint Petersburg, 19–23 октября 2020 года. – Saint Petersburg, 2020. – P. 012182. – DOI 10.1088/1742-6596/1697/1/012182. – EDN VYRCNC.

3. Махмудов, Х. Ф. Механизмы трансформации электромагнитных волн и некоторые критерии неустойчивости образца при расходовании СВЧ энергии / Х. Ф. Махмудов // Актуальные проблемы прочности / Институт технической акустики НАН Беларуси. – Минск : УП"ИВЦ Минфина", 2022. – С. 445-459. – EDN TUYYME.

4. Makhmudov, K. Strength of upstream and downstream chambers, collectors, heat exchange tubes of gas aerial cooler apparatus, and assessment of life extension / K. Makhmudov, V. Saveliev // Journal of Physics: Conference Series, Saint Petersburg, 19–23 октября 2020 года. – Saint Petersburg, 2020. – P. 012066. – DOI 10.1088/1742-6596/1697/1/012066. – EDN TZRIOA.

5. Махмудов, Х. Ф. Бесконтактный метод измерения релаксации заряда в диэлектрических материалах при слабом электрическом поле / Х. Ф. Махмудов, З. Ш. Юлдашев // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2021 : Сборник тезисов VIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С. 350-355. – EDN XUOVDS.

6. Махмудов, Х. Ф. Бесконтактный метод измерения параметров слабых электростатических величин в стационарных и динамических условиях / Х. Ф. Махмудов // Триггерные эффекты в геосистемах: Материалы V Международной конференции, Москва, 04–07 июня 2019 года / Под редакцией В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ТОРУС ПРЕСС", 2019. – С. 305-309. – EDN VOUUYG.

7. И. П. Щербаков, Х. Махмудов, В. И. Веттегрень, Р. И. Мамалимов, Динамика разрушения напряженных гранитов под влиянием ударной волны // Восемнадцатая международная конференция "Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле": Материалы конференции, Москва, Борок, 02–06 октября 2017 года. – Москва, Борок: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук, 2017. – С. 334-336.

8. Махмудов Х. Ф. Моделирование и разрушения гетерогенных материалов при воздействии СВЧ электромагнитных полей / Х. Ф. Махмудов, М. Г. Менжулин // Современные тенденции развития науки и производства : IV Международная научно-практическая конференция: в 2-х томах, Кемерово, 27–28 октября 2016 года. Том II. – Кемерово: Общество с ограниченной ответственностью "Западно-Сибирский научный центр", 2016. – С. 16-18. – EDN XGAFAP.

9. Махмудов Х. Ф. Разработка установки для изучения разрушения горных пород ударными волнами в лабораторных условиях / Х. Ф. Махмудов, И. П. Щербаков // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2021 : Сборник тезисов VIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С. 383-388. – EDN IUANRD.

10. Махмудов, Х. Ф. Разработка устройства для установки датчика акустической эмиссии в горных выработках / Х. Ф. Махмудов // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 10. – С. 73-78. – EDN PMAUHY.

11. Менжулин М.Г., Махмудов Х.Ф., И.П. Щербаков. Термокинетическая модель и динамика микротрещин в горных породах. LAMBERT. 2014, стр. 68, ISBN: 978-3-659-50302-3.

12. Махмудов Х. Ф., Куксенко В.С., Томилин Н.Г., Бенин А.В. Диагностика потери устойчивости нагруженных железобетонных балок. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 4-2. С. 1909-1910.

13. Махмудов, Х. Ф. Исследование механизма образования и роста наноразмерных дефектов при импульсном нагружении твердого тела в наносекундном диапазоне / Х. Ф. Махмудов, Р. И. Мамалимов, И. П. Щербаков // Физика конденсированных состояний : Сборник тезисов III Международной конференции, посвященной 60-летию ИФТТ РАН, Черногоровка, 29 мая – 02 2023 года / Под редакцией Б.Б. Страумала . – Черногоровка: Институт физики твердого тела РАН, 2023. – С. 297. – DOI 10.26201/ISSP.2023/FKS-3.294. – EDN IRONEB.

14. Образование наноразмерных дефектов во время импульсного нагружения горных пород в наносекундном диапазоне / Х. Ф. Махмудов, Р. И. Мамалимов, А. В. Пономарев, И. П. Щербаков // Нанопизика и наноматериалы : Сборник научных трудов Международного симпозиума, посвященного 110-летию В.Б. Алесковского и 115-летию Л.А. Сена, Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2022. – С. 171-178. – EDN IJJRP.

15. Куксенко В.С., Махмудов Х. Ф., Манжиков Б.Ц. Концентрационная модель разрушения твердых тел и прогнозирование катастрофических ситуаций крупномасштабных объектов. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2010. № 4. С. 29-40.

16. Kuksenko V. S. Nucleation of submicroscopic cracks in stressed Solids / V. S. Kuksenko, V. S. Ryskin, V. I. Betehtin et al. // International Journal of Fracture Mechanics. 1975. Vol. 11. № 4.

17. Тамуж В. П. Микромеханика разрушения полимерных материалов / В. П. Тамуж, В. С. Куксенко. Рига: Зинатне, 1978.

18. Петров В. А. Физические основы прогнозирования разрушения конструкционных материалов / В. А. Петров, А. Я. Башкарев, В. И. Веттегрень. СПб.: Политехника, 1993.

19. Томилин Н. Г. Образование очага разрушения при деформации гетерогенного материала / Н. Г. Томилин, Е. Е. Дамаскинская, В. С. Куксенко // Физика твердого тела. 1994. Т. 36. № 10.

20. Kuksenko V. A two-stage model of fracture of rocks / V. Kuksenko, N. Tomilin, E. Damaskinskaja et al. // Pure Applied Geophysics. 1996. Vol. 146. № 2.

21. Махмудов Х. Ф. Термоактивационный механизм релаксации механоэлектрических эффектов в твердых диэлектриках. Журнал технической физики. 2011. Т. 81. № 1. С. 76-81.

22. Махмудов, Х. Ф. Поляризация мрамора в поле упругих сил при различных температурах // Деформация и разрушение материалов. – 2012. – № 8. – С. 41-45.

23. Махмудов, Х. Ф. Термоактивационный механизм релаксации механоэлектрических эффектов в твердых диэлектриках // Журнал технической физики. – 2011. – Т. 81, № 1. – С. 76-81.

24. Менжулин М. Н., Махмудов Х. Ф. Термокинетическая модель разрушения гетерогенных материалов и особенности ее численной реализации при воздействии высокочастотными электромагнитными полями. Журнал технической физики. 2017. Т. 87. № 7. С. 1040-1048.

25. Махмудов Х. Ф., Куксенко В.С. Электромагнитные явления при деформировании и разрушении твердых диэлектриков. Физика твердого тела. 2005. Т. 47. № 5. С. 856-859.

26. Махмудов, Х. Ф. Механизмы трансформации электромагнитных волн и некоторые критерии неустойчивости образца при расходе СВЧ энергии / Х. Ф. Махмудов // Физика конденсированных состояний : Тезисы II Международной конференции ФКС-2021, посвященной 90-летию со дня рождения академика Ю. А. Осипьяна (1931-2008), Черногоровка, 31 мая – 04 2021 года. – Черногоровка: Институт физики твердого тела РАН, 2021. – С. 135. – DOI 10.26201/ISSP.2020/FKS-2.017. – EDN RBZOYZ.

27. Махмудов, Х. Ф. Механизмы трансформации электромагнитных волн и некоторые критерии неустойчивости образца при расходе СВЧ энергии / Х. Ф. Махмудов // Актуальные проблемы прочности / Институт технической акустики НАН Беларуси. – Минск: УП"ИВЦ Минфина", 2022. – С. 445-459. – EDN TUUYME.

28. Султонов, У. Измерения малых потенциалов для количественного исследования поляризации при деформировании горных пород / У. Султонов, Х. Ф. Махмудов, Н. Г. Томилин // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. – 2020. – Т. 55, № 4. – С. 23-29. – EDN OLBAJN.

29. Куксенко, В. С. Экспериментальное и теоретическое изучение актов трещинообразования в гетерогенных материалах / В. С. Куксенко, Х. Ф. Махмудов // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58, № 6. – С. 915-923. – DOI 10.15372/GiG20170607. – EDN YTXZHL.

30. Менжулин М.Г., Махмудов Х. Ф., Щербаков И.П. Динамика микротрещин в горных породах. наука сегодня: теория, практика, инновации. Коллективная монография: в 9-ти томах / Под научной редакцией О. П. Чигишевой. Ростов-на-Дону, 2014. Том 3.

31. Щербаков И.П., Веттегрень В.И., Мамалимов Р.И., Махмудов Х. Ф. Наносекундная динамика разрушения напряженного гранита под влиянием ударной волны // Журнал технической физики. 2017. Т. 87. № 8. С. 1182-1184.
32. Щербаков И.П.; Веттегрень В.И.; Мамалимов Р.И.; Махмудов Х.Ф. Инициированная напряженных гранитов. 2019, ЖТФ, т.89, 3 страницы: 388-391.
33. Щербаков И. П., Веттегрень В. И., Мамалимов Р. И., Махмудов Х. Ф. Механизм и динамика волны . 2018, ЖТФ, т.88, 7 страницы: 1009-1013/
34. И. П. Щербаков, Х. Ф. Махмудов // Разработка установки для изучения разрушения горных пород ударными волнами в лабораторных условиях / Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2021 : Сборник тезисов VIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С. 383-388. – EDN IUANRD.
35. Махмудов, Х. Ф. Механизм разрушения гетерогенного твердого тела под воздействием ударных волн и анализ вторичных эффектов с наносекундным временным разрешением / Х. Ф. Махмудов, И. П. Щербаков // Физика конденсированных состояний : Сборник тезисов III Международной конференции, посвященной 60-летию ИФТТ РАН, – Черногоровка: Институт физики твердого тела РАН, 2023. – С. 238. – DOI 10.26201/ISSP.2023/FKS-3.235.
36. Kuksenko V. S. Nucleation of submicroscopic cracks in stressed Solids / V. S. Kuksenko, V. S. Ryskin, V. I. Betehtin et al. // International Journal of Fracture Mechanics. 1975. Vol. 11. № 4.
37. Тамуж В. П. Микромеханика разрушения полимерных материалов / В. П. Тамуж, В. С. Куксенко. Рига: Зинатне, 1978.
38. Петров В. А. Физические основы прогнозирования разрушения конструкционных материалов / В. А. Петров, А. Я. Башкарев, В. И. Веттегрень. СПб.: Политехника, 1993.
39. Томилин Н. Г. Образование очага разрушения при деформации гетерогенного материала / Н. Г. Томилин, Е. Е. Дамаскинская, В. С. Куксенко // Физика твердого тела. 1994. Т. 36. № 10.
40. Kuksenko V. A two-stage model of fracture of rocks / V. Kuksenko, N. Tomilin, E. Damaskinskaja et al. // Pure Applied Geophysics. 1996. Vol. 146. № 2.
41. Килиан Х. Г. Ансамбли дефектов на поверхности нагруженных металлов как результат их обратимой агрегации / Х. Г. Килиан, В. И. Веттегрень, В. Н. Светлов // Физика твердого тела. 2000. Т. 42. № 11.
42. Килиан Х. Г. Иерархия ансамблей дефектов на поверхности нагруженной меди / Х. Г. Килиан, В. И. Веттегрень, В. Н. Светлов // Физика твердого тела. 2001. Т. 43. № 11.
43. Gibbs J. W. Elementary Principles in Statistical Mechanics. Yale University Press, New Haven, CT, 1902.
44. Lavenda B. L. Statistical Physics. A Probabilistic Approach. J. Wiley & Sons, Inc. N.Y., 1997.
45. Kilian H. G. Model of Reversible Aggregation Universal Features of Fluctuating Ensembles / H. G. Kilian, M. Koepef, V. I. Vettegren // Progress in Colloid and Polymer Science. 2001. Vol. 117.
46. Щербаков, И. П. Триггерный эффект при ударном разрушении одноосно сжатого образца гранита / И. П. Щербаков, Х. Ф. Махмудов, А. Е. Чмель // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2022. – № 6. – С. 64-69. – DOI 10.15372/FTPRI20220607. – EDN BFSPJX.
47. Махмудов Х. Ф., Савельев В. Н., Савельев Д. В., Медведев В. Н., Круглов С. Ю. Проведение натурных исследований акустических свойств горного массива и бетонной обделки в подземных сооружениях ФГУП “горно-химического комбината” - предприятие госкорпорации “Росатом” Авторы: XXIII Петербургские чтения по проблемам прочности, посвященные 100-летию ФТИ им. А. Ф. Иоффе и 110-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР А.В. Степанова; Санкт-Петербург, Россия; 10-12 апреля 2018.
48. В. Н. Савельев, Х. Ф. Махмудов. Модель и математический аппарат для оценки и слежения за развитием процессов проявления горного давления в подземных сооружениях // Перспективные материалы и технологии: Брест, 27–31 мая 2019 года / Под общей редакцией В.В. Рубаника. – Брест: Витебский государственный технологический университет, 2019. – С. 189-192. – EDN TDWOIE
49. Махмудов, Х. Ф. Фильтрация техногенных помех при акустико-эмиссионном мониторинге / Х. Ф. Махмудов, П. И. Афанасьев // Горная промышленность. – 2023. – № S1. – С. 142-149. – DOI 10.30686/1609-9192-2023-S1-142-149. – EDN KBNQDZ.
50. В. Н. Савельев, Х. Ф. Махмудов. Модель и математический аппарат для оценки и слежения за развитием процессов проявления горного давления в подземных сооружениях // Перспективные материалы и технологии: Брест, 27–31 мая 2019 года / Под общей редакцией В.В. Рубаника. – Брест: Витебский государственный технологический университет, 2019. – С. 189-192. – EDN TDWOIE.
51. Махмудов Х.Ф., Менжулин М.Г., Захарян М.В., Султонов У., Абдурахманов З.М. Диагностика потери устойчивости нагруженных конструкций и развитие очагов разрушения при воздействии сейсмозрывных и ударных воздушных волн. Журнал технической физики. 2015. Т. 85. № 11. С. 79-85.
52. Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов (Н 02 В 7/00 (2020.08), Н 02 J 13/00 (2020.08), Н 02 Н 7/04 (2006.01)). Изобретение относится к электротехнике и предназначено для мониторинга основных энергетических параметров и энергоемкости выполнения энерготехнологического процесса в силовых трансформаторах // 2022г..
53. Махмудов, Х. Ф. Методические аспекты изучения параметров упругих волн и контроль эталонной формы акустической эмиссии в полевых условиях // Журнал технической физики. – 2022. – Т. 92, № 12. – С. 1869-1874. – DOI 10.21883/0000000000.

О ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОЁМКОСТИ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ В ОКРЕСТНОСТИ ТОЧКИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА НЖК-ИЖ

Абдурасулов А.А., Абдурасулов Д.А.

Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими

Многие экзотические и аномальные свойства вещества, в том числе жидких кристаллов, проявляются вблизи точки фазовых переходов [1]. Например, теплоемкость жидкостей вообще, теплоёмкость жидких кристаллов в частности, вдали от точки фазовых переходов фактически от температуры не зависят, показывают очень слабый рост с увеличением температуры. Вблизи точки фазовых переходов, наоборот, теплоемкость нематических жидких кристаллов (НЖК) проявляют сильную нелинейную зависимость от температуры. Такие аномальные температурные зависимости теплофизических параметров НЖК вблизи точки фазового перехода нематический жидкий кристалл - изотропная жидкость (НЖК-ИЖ) связывается с наличием дальнего ориентационного порядка в них [2]. Теоретически ориентационный порядок в НЖК описывается скалярным ориентационным параметром порядка (η), значение которой в нематической фазе $0 < \eta < 1$, а в изотропной фазе $\eta = 0$.

В работе [3], на основе термодинамического потенциала Ландау - де Жена [2], была сформулирована выражение неполного термодинамического потенциала НЖК с учетом вкладов ориентационного порядка (η) и флуктуации ориентационного параметра порядка ($\delta\eta$)

$$\phi(P, T, \eta) = \phi_n(P, T, \eta) + \Delta\phi_f, \quad (1)$$

где:
$$\phi_n(P, T, \eta) = \phi_i(P, T) + 3A\eta^2 - 2B\eta^3 + 9C\eta^4 \quad (2)$$

- значение плотности термодинамического потенциала, только с учётом вклада равновесной ориентации молекул; а

$$\Delta\phi_f(P, T) = \frac{1}{2}a(\delta\eta)^2 + \frac{b}{2}(\nabla\delta\eta)^2 \quad (3)$$

-вклад флуктуации ориентационного порядка, которое становится существенным вблизи точки фазового перехода НЖК-ИЖ.

На основе анализа (P,T) диаграммы размытого фазового перехода первого рода НЖК-ИЖ для коэффициентов A и a были определены выражения: $A(P, T) = A_c + \alpha(T - T_c) + \alpha\beta(P_c - P)$; $a = 6A - 12B\eta + 108C\eta^2$.

Из условия устойчивости нематической фазы при $\eta > 0$ и минимума термодинамического потенциала (2) было найдено аналитическое выражение для скалярного ориентационного параметра порядка

$$\eta(P, T) = \frac{3}{4}\eta_c \left(1 \pm \frac{\sqrt{T_i - T + \beta(P - P_c)}}{3\sqrt{T_i - T_c}} \right) \text{ и } \eta = 0, \quad (4)$$

которое позволяет корректно описать зависимость связанных с ориентационным порядком аномальных свойств теплофизических параметров НЖК, в том числе её теплоёмкость от температуры (T) и давления (P). Здесь: $\beta = \left(\frac{\partial T_c}{\partial P} \right)_{p=P_c} > 0$; T_i - температура, выше которой

нематическая фаза абсолютно неустойчива; T_c - температура равновесия нематической и изотропной фазы; η_c - значение η в точке T_c , при $P - P_c = 0$.

В работе [4] аномальная зависимость теплоёмкость нематической фазы в окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ была определена с учётом вкладов ориентационного порядка (ΔC_{pn}^θ) и флуктуации ориентационного порядка ($\Delta C_{pn}^f(P, T)$). Так как, согласно принятых предположений в изотропной фазе НЖК $\eta = 0$, аномальная часть теплоёмкость изотропной фазы определялась только вкладом флуктуации ориентационного порядка ($\Delta C_{pi}^f(P, T)$), которое сильно развивается в изотропной окрестности T_c . Другими словами, для описание температурной зависимости теплоёмкости НЖК в окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ исходили из аналитических выражений

$$C_{pn}(P, T) = C_{pi}(P, T) + \Delta C_{pn}^\theta(P, T) + \Delta C_{pn}^f(P, T), \quad (5)$$

$$C_{pi}(P, T, \delta\eta) = C_{pi}(P, T) + \Delta C_{pi}^f(P, T). \quad (6)$$

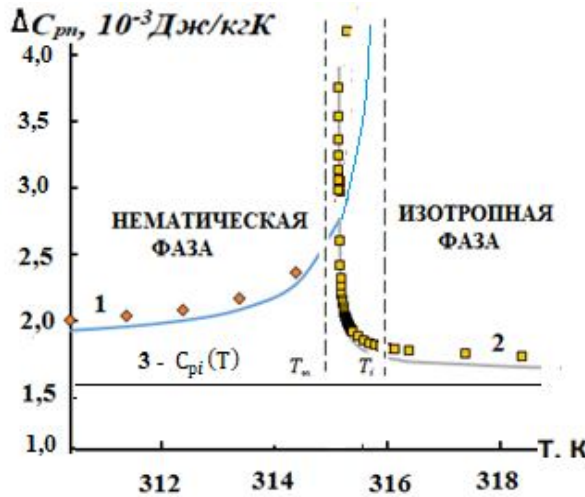


Рис. 1. Температурная зависимость теплоёмкости МББА в окрестностях точки фазового перехода НЖК-ИЖ

экспериментальным данным [5] прямой линией 3), теоретически оставался неопределённым.

В работе [6], в рамках равновесного приближения, обобщенного ранее для описания сложных асимметричных жидкостей неравновесной функции распределения молекул [7], была определена следующее аналитическое выражение для температурной зависимости регулярной части теплоёмкости НЖК

$$c_{pi}(T) = c_{pi}^k(T) + c_{pi}^c(T) + c_{pi}^r(T) + c_{pi}^\theta(T) + c_{pi}^{r\theta}(T) + c_{pi}^f(T), \quad (7)$$

В (7) верхние индексы указывают: k - кинетическая часть - вклад теплового движения молекул; c - вклад упругих столкновений молекул; r - вклад радиальной структуры и радиаль

Результаты численного расчета зависимости аномальных частей теплоёмкость нематической фазы - $\Delta C_{pn}(P, T) = C_{pn}(P, T, \eta, \delta\eta) - C_{pi}(P, T)$ и изотропной фазы - $\Delta C_{pi}(P, T, \delta\eta) = C_{pi}(P, T, \delta\eta) - C_{pi}(P, T)$ МББА (метоксибензилиденбутиланилин) приведены в [4] и отражены на рис.1. Как видно из рис. 1 согласие теоретических и экспериментальных результатов удовлетворительные.

Вместе с этим, в выражениях (5) и (6) зависимость регулярной части теплоёмкости НЖК - $C_{pi}(P, T)$, от температуры (на рис.1 представлена по

ного взаимодействия молекул; θ -вклады ориентационной структуры и ориентационного взаимодействия молекул; $r\theta$ - вклады взаимодействия радиальной и ориентационной структуры НЖК; f - вклад флуктуации ориентационного порядка в теплоёмкость изотропной фазы НЖК. Аналитические выражения всех входящих в (7) компонент $c_{pi}(T)$ приведена в [6].

На рис.2 показаны результаты численного расчета температурной зависимости теплоёмкости ПАА в изотропной фазе по выражению (7). Прямой линией 1 на рис.2 представлена зависимость регулярной части теплоёмкости ПАА - суммарные вклады

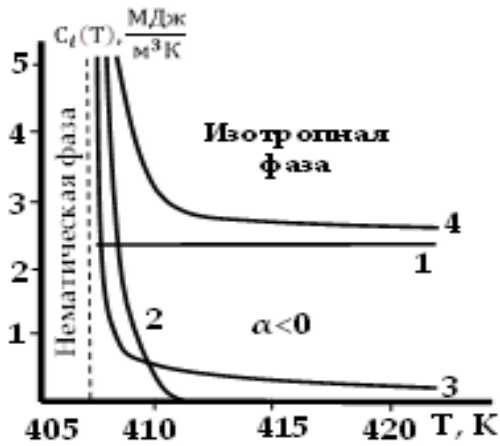


Рис.2. Температурная зависимость теплоёмкости изотропной фазы ПАА и ее составные части от температуры

теплового движения (c_{pi}^k), упругих столкновений (c_{pi}^c) и радиальной структуры (c_{pi}^r) молекул жидкости от температуры $c_{pi}^r(r) = c_{pi}^k + c_{pi}^c + c_{pi}^r$. Она определяет регулярную часть теплоёмкости НЖК и соответствует прямой экспериментальной линией 3 на рис.1. Кривая 3 отражает вклад

флуктуации ориентационного параметра порядка в теплоемкость изотропной фазы ($c_{pi}^f(T)$) и является идентичным кривой 2 на рис. 1. Новым и интересным является кривой 2 на рис.2, который показывает наличие и

вклада ориентации ближнего порядка (short order) в теплоемкость НЖК в узкой изотропной окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ - $c_{pi}^\theta(\theta) = c_{pi}^\theta(T) + c_{pi}^{r\theta}(T)$.

Кривым 4 на рис.2 изображена температурная зависимость теплоёмкости изотропной фазы ПАА от температуры в целом по выражению (7).

В астоящем сообщении приводятся результаты попытки объединения выражениями (5), (6) и (7) с целью определения температурной зависимости теплоёмкости НЖК в целом от температуры в окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ. Для этого на основе выражения (5) и (6) выражение для $C_{pn}(T)$ условно разделяется на три части

$$C_{pn}(T) = \overbrace{c_{pi}^r(r)}^1 + \overbrace{[\Delta C_{pn}^\theta(P, T) + \Delta C_{pn}^f(P, T)]}^2 + \overbrace{[c_{pi}^\theta(\theta) + c_{pi}^f(T)]}^3.$$

Поскольку, при фазовом переходе значения $C_{pn}(T)$ изменяется скачком и знаки некоторых коэффициентов меняются на обратные вычисления и суммирования проведем по областям температуры нематической и изотропной фазы отдельно.

$$C_{pn}(T) = \begin{cases} \overbrace{c_{pi}^r(r)}^1 + \overbrace{[\Delta C_{pn}^\theta(P, T) + \Delta C_{pn}^f(P, T)]}^2 & \text{при } T < T_i \text{ (или } T < T_c) \\ \overbrace{c_{pi}^r(r)}^1 + \overbrace{[c_{pi}^\theta(\theta) + c_{pi}^f(T)]}^3 & \text{при } T > T_n \text{ (или } T > T_c) \end{cases} \quad (8)$$

Результаты численного расчета $C_{pn}(T)$ для ПАА по схеме (8) приведена на рис.3. Сплошная кривая отражает результаты численного расчета с учетом условия $T < T_i$ в нематической фазе, и $T > T_n$ в изотропной фазе. Как видно, в этом случае графики кривых теплоёмкости нематической фазы и изотропной фазы не пересекаются и скачок между

значениями теплоёмкость нематической и изотропной фазы очень большие. Например, по нашим расчетам значения теплоемкость нематической фазы в точке $T_i = 408,6$ К равно 3500 кДЖ/кгК, тогда как при температуре $T=409$ К в изотропной фазе значение теплоемкость равно 7 кДЖ/кгК. Следовательно, в этом случае теплоёмкость НЖК при переходе через точку фазового перехода проявляет сильный « λ » - скачок.

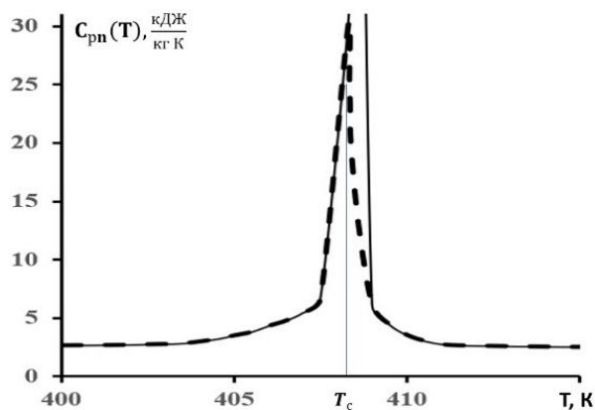


Рис.3. Зависимость теплоёмкость НЖК от температуры по формуле (8) в окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ.

Если, обратить внимание на рис.1, теоретические кривые ориентационные аномальные части теплоемкость НЖК по обе стороны точки пересечения, при одной и той же температуре имеют два значения, лежащих на разных кривых. Объяснить это теоретически трудно и реализовать экспериментально невозможно. Здесь, о зависимости типа температурного гистерезиса не может идти речь, ибо значения полученных выражений от порядка увеличения или уменьшения температуры не зависят. Как видно, эта проблема на графиках рис.3 отсутствует.

Согласно (8) при каждой температуре суммарные значения компонент теплоемкости НЖК учитывается один раз. Пунктирная кривая на рис. 3, представляет аналогичный расчет температурной зависимости теплоёмкости НЖК при условии $T < T_c$ в нематической и $T > T_c$ в изотропной фазе. В этом случае аномалия в закономерность $c_{pn}(T)$ имеется, но скачков значения теплоёмкости отсутствует.

Предложенный подход, позволяет при исследовании поведения теплофизических параметров НЖК вблизи точки фазового перехода НЖК-ИЖ корректировать процесс сопоставления теоретических результатов с экспериментальными.

Литература:

1. Базаров И.П. Термодинамика. М.: «Высшая школа», 1976, 448 ст.
2. Де Жен П. Физика жидких кристаллов - М.: «Мир», 1977, 400 с.
3. Абдурасулов Д. А., Абдурасулов А.А., Одинаев С. Метод неполного термодинамического потенциала для нематических жидких кристаллов. -Политехнический вестник. Серия: интеллект, инновация, инвестиции, 2019, 4(48), С. 12-16.
4. Абдурасулов Д. А., Абдурасулов А.А., Одинаев С. Об аномальном поведении теплоёмкости нематических жидких кристаллов при переходе в изотропную фазу. - Политехнический вестник. Серия: интеллект, инновация, инвестиции, 2020, 4(50), С. 15-119.
5. Островский В.И., Тараскин С.А., Струков Б.А., Сонин А.С. Температурная зависимость теплоемкости нематического жидкого кристалла МББА при переходе в изотропную фазу. // ЖЭТФ: 1976. -Том 11. -вып. 2(8). -С.692-699.
6. Одинаев С., Абдурасулов Д.А., Абдурасулов А.А. О вкладе ближнего ориентационного и радиального порядка молекул в теплоёмкость изотропной фазы нематических жидких кристаллов. // Известия НАНТ. -2022. -№2(187). -С37-48.
7. Абдурасулов А.А. О неравновесной статистической функции распределения асимметричных жидкостей. // Доклады АН Республики Таджикистан, -1998. -Том 51. -№3-4. -С.36-41

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

С. Одинаев, Р.С.Махмадбегов*, Д.М.Акдодов**

Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН РТ, 734063, Таджикистан, г. Душанбе, пр. Айни 299/1

** Российско-Таджикский (Славянский) университет, 734025, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Турсун-заде 30, E-mail: mah8brashid@mail.ru*

***Таджикский национальный университет, 734025, Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, E-mail: donaer.a@mail.ru*

Всесторонние исследования физико-химических свойств диэлектрических веществ необходимо в связи с многочисленным практическим использованием их в различных областях промышленности. В частности, изучение их диэлектрических свойств, связано с огромными достижениями в электротехнике, энергосбережении, в промышленности, технике связи и электронике. Исследование явлений переноса, в частности электрических и диэлектрических свойств растворов электролитов развивались как экспериментальными, так и теоретическими методами.

На современном уровне представлений о структуре воды невозможно однозначно подтвердить ни одной из предложенных моделей и показать несостоятельность других. Это связано с тем, что в основе каждой модели лежит определения сумма экспериментальных данных, которые эта модель в состоянии объяснить, а при интерпретации более широкого круга явлений модель сталкивается с определёнными трудностями [1,2].

Предварительное знание структуры диэлектрических веществ, природы физических явлений происходящих в них необратимых процессов, определение частотной дисперсии комплексного коэффициента диэлектрической проницаемости $\tilde{\epsilon}(\omega)$ в зависимости от термодинамических параметров состояния, необходимы для успешного их использования и поисков новых диэлектрических материалов, а также оптимальной области их применения [2-4]. Здесь формулы Дебая описывают свойства диэлектрических веществ в переменном электрическом поле в предположении экспоненциального закона установления равновесия, который приводит к относительно узкой области (~ 100 Гц) частотной дисперсии $\tilde{\epsilon}(\omega)$ и дискретному спектру времен релаксации, совпадающему с результатами общей термодинамической релаксационной теории [5]. Следует отметить, что для установления равновесной структуры вещества наряду с экспоненциальной закон затухания релаксирующий потоков имеется ещё и диффузионный механизм, который описывается степенным законом затухания по времени $t^{-d/2}$ (d – размерность пространства), то есть процессом структурной релаксации [6]. Учёт вклада последней в $\tilde{\epsilon}(\omega)$ растворов электролитов, наряду с экспоненциальным законом, является важным. В этом случае область частотной дисперсии $\tilde{\epsilon}(\omega)$ является относительно широкой и имеется непрерывный спектр времен релаксации. Поэтому изучение диэлектрических свойств растворов электролитов, с учетом вкладов структурных релаксационных процессов, получение непрерывного спектра времен релаксации и определение явного вида зависимости радиальной функции распределения $g(\vec{r}, t)$ представляет большой интерес.

Следуя работу [5] электрические свойства растворов электролитов можно характеризовать посредством комплексных коэффициентов удельной электропроводности

и диэлектрической проницаемости и при слабых электрических полях последний не зависит от напряженности поля и со временем остается постоянным, а в случае переменных полей этих коэффициентов зависит от частоты [7]. В этом случае в растворах появляется связь между коэффициентами электропроводности, диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь, которые зависят от частоты внешнего электрического поля. В случае линейной зависимости электрического поля E и электрической индукции D , а также периодического изменения их со временем, периодически будет меняться коэффициент $\tilde{\varepsilon}(\omega)$ [5].

При микроскопических описаниях диэлектрических свойства растворов электролитов, необходимо последовательно учитывать всевозможные виды взаимодействия структурных единиц среды. Для исследования неравновесного состояния растворов электролитов будем использовать уравнения обобщенной гидродинамики, которых можно получить методами статистической физики или кинетическими уравнениями, которые определяются посредством неравновесных одночастичной $f_a(\vec{x}_a, t)$ и двухчастичной $f_{ab}(\vec{x}_a, \vec{x}_b, t)$ функций распределения [6,8]:

$$\frac{\partial f_a}{\partial t} + \frac{p_a^\alpha}{m_a} \frac{\partial f_a}{\partial q_1^\alpha} + e_a E^\alpha \frac{\partial f_a}{\partial p_a^\alpha} - \sum_b \int \frac{\partial \Phi_{ab}}{\partial q_1^\alpha} \frac{\partial f_{ab}}{\partial p_a^\alpha} d\vec{q}_2 d\vec{p}_b = \beta_a \frac{\partial}{\partial p_a^\alpha} \left[\frac{\tilde{p}_a^\alpha}{m_a} f_a + kT(\vec{q}, t) \frac{\partial f_a}{\partial p_a^\alpha} \right], \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{ab}}{\partial t} + \sum_{i=a,b} \left[\frac{p_i^\alpha}{m_i} \frac{\partial}{\partial q_i^\alpha} + e_i E^\alpha \frac{\partial}{\partial p_i^\alpha} - \frac{\partial \Phi_{ab}}{\partial q_i^\alpha} \frac{\partial}{\partial p_i^\alpha} \right] f_{ab} - \sum_c \sum_{i=a,b} \int \frac{\partial \Phi_{ic}}{\partial q_i^\alpha} \frac{\partial f_{abc}}{\partial p_i^\alpha} d\vec{q}_3 d\vec{p}_c = \\ = \sum_{i=a,b} \beta_i \frac{\partial}{\partial p_i^\alpha} \left[\frac{\tilde{p}_i^\alpha}{m_i} + kT(\vec{q}_i, t) \frac{\partial}{\partial p_i^\alpha} \right] f_{ab}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $e_a = z_a e$, $e_b = z_b e$, e -элементарный заряд; z_a, z_b -валентности и β_a, β_b -коэффициенты трения частиц сортов a и b ; E^α -компоненты напряженности электрического поля, $f_a = f_a(\vec{q}_a, \vec{p}_a, t)$, $f_{ab} = f_{ab}(\vec{x}_a, \vec{x}_b, t)$, $\vec{x}_a = \{\vec{q}_a, \vec{p}_a\}$, q_a^α -компоненты обобщенной координаты и p_a^α -компоненты импульса частицы сорта a , $\tilde{p}_i^\alpha = p_i^\alpha - m_i \vartheta^\alpha(q_i, t)$ - относительная импульс ионов сорта a .

Подчеркнем, что уравнения (1) и (2) не являются замкнутыми. Для замыкания уравнения f_{ab} , необходимо использовать дополнительную аппроксимацию относительно расщепления трёхчастичной функции распределения $f_{abc}(\vec{x}_a, \vec{x}_b, \vec{x}_c, t)$, где $\vec{x} = (\vec{q}, \vec{p})$. Для расщепления трёхчастичной функции распределения воспользуемся суперпозиционным приближением Кирквуда [6]. Тогда уравнения (1) и (2) отличаются от уравнений Кирквуда наиболее полным учетом коллективных явлений. А для получения замкнутой уравнении двухчастичной функции распределения следует иметь явное выражение $n'_2(\vec{q}_1, \vec{q}_2, t) = n'_2(\vec{q}, \vec{r}, t)$. С учётом условия нормировки, на основе (2), получим для бинарной плотности частиц $n_{ab}(\vec{q}_a, \vec{q}_b, t)$. Отсюда для нахождения $n_{ab}(\vec{q}_a, \vec{q}_b, t)$ нужно явный вид уравнения для бинарных потоков частиц $j_{ab}^\alpha(\vec{q}_a, \vec{q}_b, t)$. Далее получение уравнения дифференциального закона Ома и коэффициента электропроводности, воспользуемся уравнению одночастичной функции распределения вводя определения плотности тока.

Таким образом, Фурье образа функции $n'_{ab}(\vec{q}_a, \vec{r}, t)$ найденное решением уравнения Смолуховского и совершая некоторые математические преобразование, для функции

Грина. Из второго уравнения системы (1) найдя Фурье образа дифференциального закона Ома $\vec{j}(\vec{q}, \omega) = \tilde{\sigma}(\omega)\vec{E}(\vec{q}, \omega)$ и сравнивая его с уравнением комплексного коэффициента удельной электропроводности, а также учитывая, что $\tilde{\sigma}(\omega) = -i\omega\tau_a\tilde{\sigma}(\omega)$. А для в комплексный коэффициент удельный электропроводность пишем в виде $\tilde{\sigma}^*(\omega) = -i(\omega\tau_a)\tilde{\sigma}(\omega)$ и учитывая уравнения $\tilde{\varepsilon}(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{i}{\varepsilon_0\omega}\tilde{\sigma}^*(\omega)$ получим:

$$\begin{aligned} \tilde{\varepsilon}(\omega) = \varepsilon_\infty + \sum_a \frac{\tau_a \tilde{\sigma}_a^0(\omega)}{\varepsilon_0} \left\{ 1 + \sum_b \dot{n}_b q_{ab} \int_0^\infty \frac{\partial \Phi_{ab}^*}{\partial r^\alpha} \left[\int_0^\infty (G_1^{ab}(r, r_1, \omega) - \omega\tau_a G_2^{ab}(r, r_1, \omega)) \times \right. \right. \\ \left. \left. \frac{\partial \ln g_{ab}^0(r)}{\partial r_1^\alpha} r_1 dr_1 \right] r dr \right\} + i \sum_a \frac{(\omega\tau_a) \tau_a \tilde{\sigma}_a^0(\omega)}{\varepsilon_0} \left\{ 1 + \sum_b \frac{\dot{n}_b q_{ab}}{\omega\tau_a} \int_0^\infty \frac{\partial \Phi_{ab}^*}{\partial r^\alpha} \times \right. \\ \left. \times \left[\int_0^\infty (G_2^{ab}(r, r_1, \omega) + \omega\tau_a G_1^{ab}(r, r_1, \omega)) \frac{\partial \ln g_{ab}^0(r)}{\partial r_1^\alpha} r_1 dr_1 \right] r dr \right\}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $G_{1,2}^{ab} = \left(\frac{\omega\tau_{ab}}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \left[e^{-\varphi_1} (\cos \varphi_1 \mp \sin \varphi_1) - e^{-\varphi_2} (\cos \varphi_2 \mp \sin \varphi_2) \right]$, $\tilde{\sigma}_a^0(\omega) = \frac{\sigma_a^0}{(1 - i\omega\tau_a)}$,

$$\sigma_a^0 = \frac{n_a^0 e_a^2 \tau_a}{m_a} = \frac{n_a^0 e_a^2}{\beta_a}, \quad \dot{n}_b = \frac{\pi}{6} n_b d_{ab}^3, \quad q_{ab} = \frac{4 e_a \beta_a - e_b \beta_b}{\pi e_a (\beta_a + \beta_b)}, \quad \tau_a = \frac{m_a}{\beta_a}, \quad \tau_{ab} = \frac{1}{\omega_{ab}} = \frac{d_{ab}^2}{kT} \frac{\beta_a \beta_b}{\beta_a + \beta_b},$$

$$\varphi_{1,2} = \varphi_{ab}^{1,2}(r, r_1, \omega) = \sqrt{\frac{\omega\tau_{ab}}{2}} (r \mp r_1), \quad \Phi_{ab}^* = \frac{\Phi_{ab}}{kT}, \quad \vec{r} = \frac{\vec{r}_{ab}}{d_{ab}} = \frac{\vec{q}_2 - \vec{q}_1}{d_{ab}}, \quad d_{ab} = \frac{d_{aa} + d_{bb}}{2}.$$

Выражения (3) называется выражением комплексного коэффициента диэлектрической проницаемости полученным методом кинетических уравнений, когда поток затухает по степенному закону и микроскопически описывают диэлектрических свойств растворов электролитов. Как видно выражения (3) является очень сложным, так как в подинтегральных выражениях кроме потенциала межмолекулярного взаимодействия и радиальной функции распределения, ещё содержится суммы и разности функции Грина, а также времена релаксации структурных единиц раствора электролита.

Следует сказать, что современная количественная теория растворов электролитов основана на одновременном учете теплового движения ионов и их электростатического взаимодействия. В более высоких приближениях учитываются также конечные размеры ионов и их взаимодействие с молекулами растворителя. Дипольное экранирование определяет диэлектрические свойства молекулярной подсистемы (растворителя), а ионное приводит к экспоненциальному убыванию электростатических систем. Частицы в ионно-молекулярной системе характеризуются зарядами, дипольными, квадрупольными и высшими мультипольными моментами. Эти величины являются результатом усреднения по квантовым состояниям каждой отдельной частицы. При этом предполагается, что в растворе квантовые состояния частиц не изменяются, то есть растворы электролитов рассматривается как классические системы. Следует отметить, что отличительной и чрезвычайно важной особенностью растворов электролитов является то, что межчастичные взаимодействия являются нецентральными, то есть потенциальная энергия частиц зависит

не только от их координат, но и от углов Эйлера, определяющих ориентацию отдельных частиц в пространстве $\Phi_{ab}(r, \Omega)$, $\Omega = (\alpha, \theta)$.

Литература

1. Soper A. K. The radial distribution functions of water and ice from 220 to 673 K and at pressures up to 400 MPa. // Chem. Phys 2000. V. 258. P. 121-137.
2. Зацепина Г.В. Физические свойства и структура воды. М. Изд-во МГУ. 1987. 172 с.
3. Самойлов О.Я., Ястремский П.С., Тарасов А.П. О связи ассоциации и ближней гидратации ионов в водных растворах. // Журн. структ. химии. 1973. Т.14. №4. С. 600-604.
4. Лященко А.К., Гончаров В.С., Ястремский П.С. Диэлектрические свойства и структура водных растворов борной кислоты. // Ж. структ. химии. 1976. Т. 17. №3. С. 462.
5. Фрѐлих Г. Теория диэлектриков / М.: Издательство И-Л, 1960. 251 с.
6. Одинаев С., Адхамов А.А. Молекулярная теория структурной релаксации и явлений переноса в жидкостях / Душанбе. Дониш, 1998. 230 с.
7. Лященко А.К., Каратаева И.М. Активность воды и диэлектрическая константа водных растворов электролитов / Журн. физич. химии. – 2010. – Т.84. – №2. – С. 376-384.
8. Одинаев С., Махмадбегов Р.С. К статистической теории диэлектрических свойств растворов электролитов // ДАН РТ. –2013. –Т. 56. – №5. – С. 381-388.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ Tb₅Vi₃ – Er₅Vi₃

Абулхаев В.Д., Балаев М.А., Ганиев И.Н., Назарзода Х.Х.,

Сайдалиев Б.Д., Убайдов С.О.

*ГНУ Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук
Таджикистана (г. Душанбе, РТ). E-mail: abulkhaev-48@mail.ru*

Диаграммы состояния систем Tb–Vi и Er–Vi в полном диапазоне концентраций изучены в [1, 2]. Установлено образование в этих системах висмутидов: Tb₅Vi₃, Tb₄Vi₃, TbVi, Dy₅Vi₃ и DyVi. Висмутиды: Tb₅Vi₃, Tb₄Vi₃, и Dy₅Vi₃ при 1763, 1873 и 1723 К, соответственно, плавятся инконгруэнтно, а висмутиды TbVi и DyVi при 2033 и 2023 К, соответственно плавятся конгруэнтно.

В [3] выявлено, что Tb₄Vi₃ и Er₅Vi₃ являются парамагнетиками с парамагнитной температурой Кюри 146 и 15 К, соответственно.

Целью данной работы явилось исследование диаграммы состояния системы Tb₅Vi₃ – Er₅Vi₃,

Сплавы диаграммы состояния системы Tb₅Vi₃ – Er₅Vi₃ были приготовлены через каждые 10 мол.% Er₅Vi₃. В качестве исходных компонентов использовали предварительно синтезированные Tb₅Vi₃ и Er₅Vi₃.

Сплавы системы Tb₅Vi₃ – Er₅Vi₃ получали следующим образом. Порошки предварительно синтезированных соединений Tb₅Vi₃ и Er₅Vi₃, отвечающие конкретному химическому составу сплава Tb_{5-x}Er_xVi₃ (x= 0.5-4.5), тщательно смешивали, спрессовывали, помещали в герметичный молибденовый тигель и нагревали (со скоростью 80 К/мин). Оптимальная температура синтеза составляла 1623±50 К. При этой температуре образцы выдерживали 2±0,5 ч. После этого тигель с веществом охлаждали до комнатной температуры со скоростью 80 К/мин.

Диаграмму состояния системы Tb₅Vi₃ – Er₅Vi₃ исследовали методами дифференциального термического (ДТА) рентгенофазового (РФА) и металлографического анализов.

ДТА сплавов осуществляли на установке ВДТА-8МЗ, при скоростях нагрева и охлаждения 20-80 град./мин. Погрешность в определении температур термических эффектов не превышала $\pm 1\%$.

РФА сплавов проводили на дифрактометре ДРОН-2 с использованием отфильтрованного $\text{CuK}\alpha$ -излучения (Ni – фильтр). Погрешность в определении параметров элементарной ячейки сплавов составляла ± 0.0005 нм.

Металлографический анализ сплавов выполняли на приборе «Neophot-21». Шлифы полировали алмазной пастой, нанесенной на нейлоновую ткань. Микротвердость кристаллов измеряли на микротвердомере ПМТ-2.

Исследования удельного электросопротивления и термо-э.д.с. твердых растворов проводили при 298 К четырехзондовым методом [4]. Относительная погрешность измерения удельного электросопротивления составляла ± 2.5 , а термо-э.д.с. $\pm 2\%$.

Плотность сплавов определяли по стандартной методике.

Диаграмма состояния системы $\text{Tb}_5\text{Vi}_3\text{--Er}_5\text{Vi}_3$, построенная по совокупности экспериментальных данных, приведена на рисунке.

В системе $\text{Tb}_5\text{Vi}_3\text{--Er}_5\text{Vi}_3$ образуется непрерывный ряд твердых растворов с общей формулой $\text{Tb}_{5-x}\text{Er}_x\text{Vi}_3$ ($x = 0.5\text{--}4.5$), плавящихся incongruently.

Согласно результатам РФА установлено, что твердые растворы

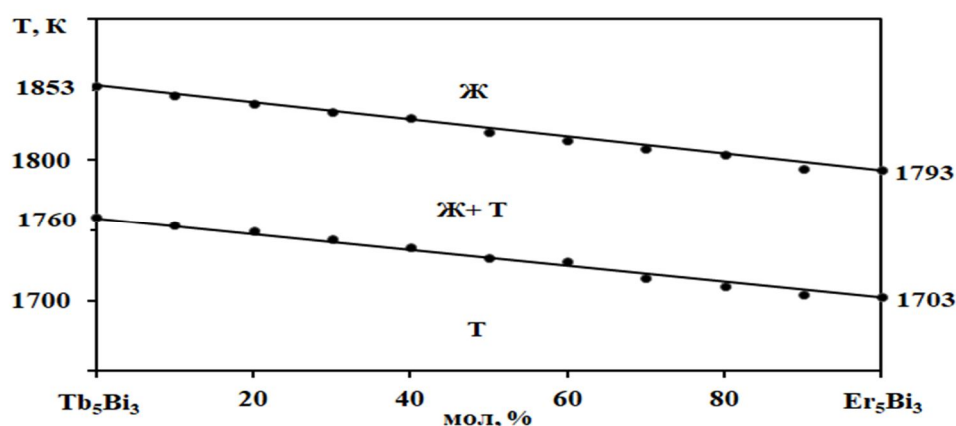


Рисунок 1 – Диаграмма состояния системы $\text{Tb}_5\text{Vi}_3\text{--Er}_5\text{Vi}_3$

$\text{Tb}_{5-x}\text{Er}_x\text{Vi}_3$ ($x = 0.5\text{--}4.5$), isostructural with Tb_5Vi_3 , Er_5Vi_3 and crystallize in the rhombohedral Y_5Vi_3 type, with the space group $R\bar{m}na$ [4], (table 1).

From table 1 it follows that the concentration dependence of the parameter of the elementary cell of the solid solutions in the whole investigated range of concentrations changes additively, which correlates with the phase diagram of the $\text{Tb}_5\text{Vi}_3\text{--Er}_5\text{Vi}_3$ system.

Таблица 1- Кристаллохимические характеристики твердых растворов системы $\text{Tb}_5\text{Vi}_3\text{--Er}_5\text{Vi}_3$.

Твердые растворы	Параметр элементарной ячейки, ± 0.0005 нм			Плотность, кг/м^3		Микротвердость, МПа
	a	b	c	расчет.	эксперим.	
$\text{Tb}_{4.5}\text{Er}_{0.5}\text{Vi}_3$	0.8162	0.9482	1.1972	10278	10258	2042 \pm 110
Tb_4ErVi_3	0.8143	0.9562	1.1960	10272	10250	2043 \pm 130
$\text{Tb}_{3.5}\text{Er}_{1.5}\text{Vi}_3$	0.8127	0.9582	1.1940	10303	10204	2040 \pm 125
$\text{Tb}_3\text{Er}_2\text{Vi}_3$	0.8100	0.9596	1.1925	10364	10342	2036 \pm 115
$\text{Tb}_{2.5}\text{Er}_{2.5}\text{Vi}_3$	0.8098	0.9672	1.1910	10328	10319	2033 \pm 105

$Tb_2Er_3Bi_3$	0.8096	0.9683	1.1890	10367	10352	2030±140
$Tb_{1.5}Er_{3.5}Bi_3$	0.8095	0.9782	1.1878	10317	10312	2023±130
$TbEr_4Bi_3$	0.8093	0.9784	1.1862	10347	10338	2015±115
$Tb_{0.5}Er_{4.5}Bi_3$	0.8091	0.9826	1.1838	10356	10349	2010±120

Согласно существующей теории [5], образование твердых растворов в системах определяется геометрическим, включающий размерный и структурный фактор, а также электрохимическим. Размерный фактор – фактор Юм-Розери способствует образованию твердых растворов, если атомные радиусы компонентов разнятся не более чем на 10-15%. По требованию структурного фактора кристаллические структуры компонентов должны быть подобными или иметь близкое строение. Под электрохимическим фактором понимается разность электроотрицательности исходных компонентов. При образовании твердых растворов разность электроотрицательности компонентов не должна превышать 0,6 единиц.

С нашей точки зрения, образованию в системе $Tb_5Bi_3-Er_5Bi_3$ твердых растворов замещения $Tb_{5-x}Er_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$), благоприятствует геометрический фактор – размерный и структурный. Так, атомные радиусы Tb и Er при образовании твердых растворов разнятся на 0.0027 нм. При этом структурный фактор также способствует образованию в указанной системе твердых растворов поскольку исходные компоненты – Ln_5Bi_3 ($Ln = Tb, Er$) изоструктурны с твердыми растворами и кристаллизуются в одной и той же структуре - ромбической типа Y_5Bi_3

Электрохимический фактор вряд ли оказывает влияние на образование твердых растворов $Tb_{5-x}Er_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$), поскольку исходными компонентами при их образовании являются не простые компоненты- Tb, Er и висмут, а висмутиды Ln_5Bi_3 ($Ln = Tb, Er$).

Результаты исследования электрофизических свойств висмутидов Ln_5Bi_3 ($Ln = Tb, Er$), и твердых растворов $Tb_{5-x}Er_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$) показали, что им свойственна металлическая проводимость (таблица 2). При этом установлена корреляция концентрационной зависимости электрофизических свойств (удельное электросопротивление и термо- э.д.с.) с системой $Tb_5Bi_3-Dy_5Bi_3$.

Относительно низкая электропроводность, свойственная висмутидам Ln_5Bi_3 ($Ln = Tb, Er$) и твердым растворам $Tb_{5-x}Er_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$), с нашей точки зрения, определяется магнитной составляющей общего электросопротивления и природой их химической связи.

Литература

1. Абулхаев, В.Д. Диаграмма состояния Tb – Bi /В.Д. Абулхаев//Изв. РАН. Металлы. -1993. - №1.- С. 187-190.
2. Абулхаев, В.Д. Диаграмма состояния системы Er – Bi/ В.Д. Абулхаев//Неорганические материалы.-1992. №10/11. С. 2111-2115.
3. Рахимов, Х.А. Магнитные свойства висмутидов состава Ln_5Bi_3 ($Ln = Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu$) /Х.А. Рахимов, В.Д. Абулхаев, С.О.Убайдов //Материалы международной конференции: «Комплексные соединения и аспекты их применения». – Душанбе. -2013. -С. 91-93.
4. Миркин, Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу кристаллов/ Л.И.Миркин//М.: Физматгиз -1961. -863 с.
5. Пирсон, У. Кристаллохимия и физика металлов и сплавов /У. Пирсон//М.: Мир. - 1977. -Т.1. -419 с.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА AlTi0.1 С КАЛЬЦИЕМ

¹Ганиев И.Н., ²Зокиров Ф.Ш., ³Файзуллоев Р.Дж., ²Махмадизода М.М.

¹*Институт химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана,*

²*Таджикский технический университет им. М.С. Осими,*

³*Институт энергетики Таджикистана*

E-mail: ganievizatullo48@gmail.com

Исходя из анализа научно-технической литературы, в настоящее время для изготовления неизолированных силовых проводов линии электропередач на отечественных заводах, преимущественно используют алюминиевую катанку из сплавов технически чистого алюминия марок А5Е и А7Е диаметром 9-19 мм. В соответствии с ГОСТ 13843-78 катанка АКЛП, производимая на литейно-прокатных агрегатах, имеет сравнительно низкую прочность и удельное электросопротивление, равное $0,0282 \text{ Ом} \times \text{мм}^2/\text{м}$, что в 1,62 раза больше электросопротивления меди [1]. При этом максимально возможная рабочая температура такой катанки не превышает 100°C . Недостаток электропроводности алюминия, по сравнению с медными проводами, можно компенсировать увеличением токопроводящей жилы, однако такой прочности и термостойкости недостаточно, чтобы обеспечить надежную работу линий, исключая обрывы. В связи с этим современные исследования направлены на поиск способов упрочнения и повышения термической устойчивости алюминиевой катанки [1].

В большинстве случаев в электротехнике использование алюминия в качестве проводника затруднено, а часто и просто невозможно из-за его низкой механической прочности. Упрочненный холодной деформацией проводниковый алюминий теряет свою прочность при температурах около 100°C . Повышение механической прочности алюминия возможно за счет введения легирующих добавок, т.е. создания сплавов. В таком случае механическая прочность возрастает, вызывая заметное снижение электропроводности [1].

Влияние различных легирующих элементов на электропроводность и прочность алюминия показали, что наибольший рост твердости отмечается при введении малорастворимых легирующих элементов: Fe, Zr, Mn, Cr, Ti, Ca и Mg. Эти элементы существенно отличаются по атомным диаметрам от алюминия. Так как электропроводность является основным параметром проводникового материала, то легирующие элементы следует выбирать с учетом их влияния на изменения электропроводности [2,3].

В настоящее время существует несколько теорий модифицирования, однако нет единого мнения в решении этой проблемы применительно к алюминиевым сплавам [4]. Это обусловлено, во-первых, сложностью процесса модифицирования и его зависимостью от условий плавки и литья и, во-вторых, влиянием неконтролируемых примесей и компонентов, которые могут влиять на измельчение исходного зерна сплава. Вводимая в качестве модификатора добавка, в нашем случае титана и кальция, должны удовлетворять следующим требованиям: обладать достаточной устойчивостью в расплаве без изменения химического состава; температура плавления добавки должна быть выше температуры плавления алюминия. Кроме того, необходимо структурное и размерное соответствие кристаллических решеток модификатора и алюминия [5-7].

В работе в режиме “охлаждения” исследована температурная зависимость изменения термодинамических функций алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с кальцием, в интервале температур 300 – 800 К.

Сплавы для исследования были получены в шахтной лабораторной печи сопротивления типа СШОЛ (сопротивление шахтное опытное лабораторное) в интервале температур 800–850°С из алюминия марки А5 (ГОСТ 110669-01), титана марки ТГ-90 (ГОСТ 19807-91) и кальция металлического марки КаМ-1 (ТУ48-40-215-72). Лигатуры алюминия с 2 мас.% титана и 10 мас.% кальция предварительно изготавливались в вакуумной печи сопротивления типа СНВ 2.4.2/16. Из полученных далее сплавов в графитовую изложницу отливались цилиндрические образцы диаметром 16 мм и длиной 30 мм.

Алюминиевый проводниковый сплав AlTi0.1 с кальцием подвергался химическому анализу на содержание основных компонентов и примесей в Центральной заводской лаборатории Алюминиевой компании ОАО “ТАЛКО”. Содержание кальция в сплаве колебалось от 0.01 до 0.5 мас. %. Состав полученных сплавов контролировался также взвешиванием образцов до и после сплавления. В дальнейшем исследованию подвергались сплавы, у которых разница в массе до и после сплавления не превышала 2% (отн.).

При проведении расчетов термодинамических функций широко используются зависимости теплоемкости веществ от температуры [8-10].

Для расчета температурной зависимости изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с кальцием были использованы интегралы от удельной теплоемкости по уравнению:

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3. \quad (1)$$

Значения коэффициентов a , b , c , d в уравнении (1) для сплавов приведены в табл. 1

Таблица 1

Значения коэффициентов a , b , c , d в уравнении (4) для алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с кальцием и эталона (Al A5N)

Содержание кальция в сплаве, мас. %	a , Дж/(кг·К)	b , Дж/(кг·К ²)	$c \cdot 10^{-4}$, Дж/(кг·К ³)	$d \cdot 10^{-7}$, Дж/(кг·К ⁴)	Коэффициент корреляции R
0.0	690.11	1.01	-12,7	9,08	0.9999
0.01	698,48	0,98	-12,6	9,08	0.9998
0.05	698,38	0,98	-12,6	9,08	0.9998
0.1	698,25	0,98	-12,6	9,08	0.9998
0.5	697,88	0,978	-12,6	9,06	0.9998
Эталон	690.35	1.01	-12,7	9,13	1,0

Результаты расчетов температурной зависимости изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с кальцием и эталона (Al A5N) по уравнениям (2) - (4) с использованием (1) приведены в табл. 2.

$$[H^0(T) - H^0(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4), \quad (2)$$

$$[S^0(T) - S^0(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3), \quad (3)$$

$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)], \quad (4)$$

где $T_0 = 298.15$ К.

Таблица 2

Температурная зависимость изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с кальцием и эталона (Al A5N)

Содержание кальция в сплаве, мас.%	$[H^0(T) - H^0(T_0^*)]$, кДж/кг для сплавов					
	Т.К					
	300	400	500	600	700	800
0.0	1,6703	94,3405	191,3547	292,6241	398,6054	510,2997
0.01	1,6703	94,2163	190,8762	291,5814	396,8085	507,5785
0.05	1,6701	94,2059	190,8555	291,5505	396,7673	507,5271
0.1	1,6698	94,1928	190,8296	291,5118	396,7158	507,4628
0.5	1,6679	94,0751	190,5663	291,0678	396,0494	506,5245
Эталон (Al A5N)	1,6709	94,3869	191,4710	292,8481	398,9913	510,9213
$[S^0(T) - S^0(T_0)]$, кДж/(кг · К) для сплавов						
0.0	0,0056	0,2719	0,4881	0,6726	0,8359	0,9850
0.01	0,0056	0,2716	0,4870	0,6705	0,8326	0,9804
0.05	0,0056	0,2715	0,4869	0,6704	0,8325	0,9803
0.1	0,0056	0,2714	0,4869	0,6704	0,8324	0,9802
0.5	0,0056	0,2711	0,4862	0,6694	0,8311	0,9785
Эталон (Al A5N)	0,0056	0,2719	0,4884	0,6731	0,8367	0,9860
$[G^0(T) - G^0(T_0^*)]$, кДж/кг для сплавов						
0.0	-0,0052	-14,406	-52,732	-110,988	-186,565	-277,708
0.01	-0,0052	-14,394	-52,649	-110,744	-186,048	-276,800
0.05	-0,0052	-14,392	-52,643	-110,732	-186,028	-276,771
0.1	-0,0052	-14,390	-52,636	-110,717	-186,003	-276,734
0.5	-0,0052	-14,373	-52,568	-110,567	-185,738	-276,317
Эталон (Al A5N)	-0,0052	-14,412	-52,759	-111,054	-186,690	-277,922

Исследованием температурной зависимости изменения термодинамических функций алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с кальцием установлено, что с ростом температуры энтальпия, энтропия сплавов растут, а по мере увеличения концентрации кальция в сплаве – уменьшаются. Энергия Гиббса с ростом температуры уменьшается, а от концентрации кальция – увеличивается.

Список литературы

1. Захаров М. В., Лисовская Т.Д. Влияние различных элементов на электропроводность, твердость и температуру рекристаллизации алюминия марки АВ000 // Известия вузов. Цветная металлургия. 1965. №3. С. 51-55.
2. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1984. 282 с.
3. Zhang L., Palm M., Stein F., Sauthoff G. Formation of lamellar microstructures Al-rich TiAl alloys between 900 to 1100 °C // Journal of Intermetallics. 2001. Vol. 9. P. 229–238.
4. Куцова В.З., Погребна Н.Є. Хохлова Т.С. Алюміній та сплави на його основі: навч. Посібник. Д.: Пороги. 2004. 135 с
5. Wu Z.L., Pope D.P. L12 Al3Ti-based alloys with Al2Ti precipitates – I. Structure and stability of the precipitates // Acta Metallurgica et Materialia. 1994. Vol. 42. No. 2. P. 509–518. DOI: 10.1016/0956-7151(94)90505-3.

6. Sturm D., Heilmaer M., Saage H. et al. Creep strength of centrifugally cast Al-rich TiAl alloys // Journal of Materials Science and Engineering A. 2009. Vol. 51–511. P. 373–376.
7. Деменок А.О., Ганеев А.А., Деменок О.Б., Кулаков Б.А. Выбор легирующих элементов для сплавов на основе алюминиды титана // Вестник ЮУрГУ. Сер.: Металлургия. 2013. № 1. С. 95–102.
8. Ганиев И.Н., Отаджонов С.Э., Иброхимов Н.Ф., Махмудов М. Температурная зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АК1, легированного стронцием // Теплофизика высоких температур. 2019. Т. 57. № 1. С. 22-26.
9. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Сангов М.М., Иброхимов Н.Ф. Влияние кальция на температурную зависимость теплоемкости и изменчивость термодинамической функции сплава АК12М2 // Теплофизика высоких температур. 2018. Т. 56. № 6. С. 867-872.
10. Ганиев И.Н., Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., Якубов Ю.С., Кабутов К. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплавов Al + 4,5 % Fe, легированных оловом // Известия вузов. Цветная металлургия (Известия. Цветная металлургия). 2019. № (1). С. 50-58.

СИНТЕЗ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ

Tb_5Bi_3 – Ho_5Bi_3

Абулхаев В.Д., Балаев М.А., Ганиев И.Н., Назарзода Х.Х.,

Сайдалиев Б.Д., Убайдов С.О.

*ГНУ Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук
Таджикистана (г. Душанбе, РТ). E-mail: abulkhaev-48@mail.ru*

Магнитное поведение соединений и сплавов, содержащих РЗЭ, заметно отличается от поведения магнитоупорядоченных веществ на основе железа, кобальта и никеля [1]. В этом плане актуальной задачей представляется получение и исследование магнитных свойств сплавов и соединений редкоземельных элементов (РЗЭ) с разными элементами периодической системы Д.И. Менделеева, в частности, с висмутом.

Целью данной работы явилось получение твердых растворов Tb - xHo Bi_3 ($x = 0.5 \div 4.5$) системы $Tb_5Bi_3 - Ho_5Bi_3$ и исследование их магнитных свойств в диапазоне температур 298-500 К.

Указанные твердые растворы получали взаимодействием предварительно синтезированных Tb_5Bi_3 и Ho_5Bi_3 . Для этого навеску (массой 15-20 г), состоящей из порошков Tb_5Bi_3 и Ho_5Bi_3 , определенной стехиометрии спрессовывали и в герметизированном молибденовом тигле в вакууме (0,0133 Па) и подвергали нагреванию со скоростью нагревания и охлаждения 80 град/мин. Нагревание тигля с навеской проводили на установке ВДТА-8МЗ.

Установлено, что для всех твёрдых растворов системы $Tb_5Bi_3 - Ho_5Bi_3$ оптимальные условия синтеза одинаковы (таблица 1).

Таблица 1- Оптимальные условия синтеза твёрдых растворов системы $b_5Bi_3 - Ho_5Bi_3$ посредством висмутидов Ln_5Bi_3 ($Ln = Tb, Ho$).

Исходные компоненты	Температура синтеза, ± 50 К	Время выдержки, ч	Твёрдые растворы
$Tb_{5-x}Bi_3-y + Ho_xBi_y$ $x = 0.5 \div 4.5, y = 0.3 \div 2.7$	1673	2 ± 1	$Tb_{5-x}Ho_xBi_3$ $x = 0.5 \div 4.5$

Висмутиды Ln_5Bi_3 ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$) получали с применением в качестве исходных компонентов моновисмутидов - LnBi ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$) и стружек тербия и гольмия. Для проведения синтеза данных висмутидов навеску (массой до 20 г), состоящей из порошка моно висмутидов и стружки тербия или гольмия, стехиометрического состава 62.5 ат.% РЗЭ (Tb, Ho) и 37.5 ат.% Bi спрессовывали, помещали в герметизированный тигель и нагревали до оптимальной температуры с последующей выдержкой при ней.

Моновисмутиды синтезировали прямым взаимодействием стружек тербия, гольмия и висмута в герметизированных молибденовых тиглях.

Оптимальные условия синтеза висмутидов Ln_5Bi_3 ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$) и моновисмутидов LnBi ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$) приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Оптимальные условия синтеза висмутидов Ln_5Bi_3 и моновис- мутидов LnBi ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}, \text{Tm}, \text{Lu}$)

Исходные компоненты	Температура синтеза, ± 50 К	Время выдержки, ч	Висмутиды
$2\text{Ln} + 3\text{LnBi}$ ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$)	1623	3 ± 1	Ln_5Bi_3 ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$)
$\text{Ln} + \text{Bi}$ ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$)	1173	4 ± 1	LnBi ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$)

Синтезированные висмутиды LnBi ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$), Ln_5Bi_3 ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$) и твердые растворы $\text{Tb}_{5-x}\text{Ho}_x\text{Bi}_3$ ($x = 0.5 \div 4.5$) подвергали аттестации на однофазность методами рентгенофазового и микроструктурного анализов.

Рентгенофазовый анализ висмутидов LnBi ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$), Ln_5Bi_3 ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$) и твердых растворов системы $\text{Tb}_5\text{Bi}_3 - \text{Ho}_5\text{Bi}_3$ проводили на дифрактометре «ДРОН – 2». Излучение отфильтрованное (фильтр – никель) $\text{CuK}\alpha$.

Дифрактограммы были прописаны в береговыхских углах с отметками через 0.1 град. Межплоскостные расстояния $-d_{hkl}$, в зависимости от углов скольжения θ , находили по таблицам [2, 3].

Погрешность в определении значений параметра элементарной ячейки составляла ± 0.0005 нм.

Микроструктуру образцов исследовали на микроскопе «НЕОФОТ-21».

Микротвердость образцов измеряли на микротвердомере ПМТ-3.

По данным рентгенофазового анализа моновисмутиды LnBi ($\text{Ln} = \text{Tb}, \text{Ho}$) кристаллизуются в кубической сингонии типа NaCl с пространственной группой $Fm\bar{3}m$. Твердые растворы $\text{Tb}_x\text{Ho}_{5-x}\text{Bi}_3$ ($x = 0.5 \div 4.5$) изоструктурны с исходными компонентами Tb_5Bi_3 и Ho_5Bi_3 и кристаллизуются в ромбической структуре типа Y_5Bi_3 , с пространственной группой $R\bar{3}m$.

Кристаллохимические характеристики и микротвердость висмутидов и твердых растворов представлены в таблице 3.

Результаты рентгенофазового анализа подтверждают и данные микроструктурного анализа. Твердые растворы $\text{Tb}_x\text{Ho}_{5-x}\text{Bi}_3$ ($x = 0.5 \div 4.5$), согласно микроструктурному анализу, представляли собой однофазные образцы. Магнитную восприимчивость твердых растворов исследовали в диапазоне 298-500 К на установке и по методике, приведенной в [4]. Результаты исследования показали, что температурная зависимость обратной величины молярной магнитной восприимчивости твердых растворов $\text{Tb}_5\text{Ho}_x\text{Bi}_3$ ($x = 0.5 \div 4.5$) в диапазоне температур 298-500 К следует закону Кюри-Вейсса (рисунок), выражающийся

формулой: $\chi_m = C/T - \theta_p$ [1], где: χ_m – молярная магнитная восприимчивость; T – температура; C – константа; θ_p – парамагнитная температура Кюри.

Таблица 3 - кристаллизуются в гексагональной сингонии.
Кристаллохимические характеристики и микротвердость висмутидов и твердых растворов системы Tb₅Bi₃ – Ln₅Bi₃.

Висмутиды и твердые растворы	Параметр элементарной ячейки, ±0.0005 нм			Плотность, кг/м ³		Микротвердость, МПа
	a	b	c	расчет.	экспер.	
Висмутиды						
TbBi	0.6280			9925	9918	1250±100
HoBi	0.6226			10324	10320	1300±150
Tb ₅ Bi ₃	0.8202	0.9482	1.1988	10185	10178	2045±50
Ho ₅ Bi ₃	0.8114	0.9860	1.1873	10720	10714	2100±100
Твердые растворы системы Tb ₅ Bi ₃ – Ln ₅ Bi ₃						
Tb _{4.5} Ho _{0.5} Bi ₃	0.8174	0.9532	1.1975	10199	10185	2042±120
Tb ₄ Ho ₁ Bi ₃	0.8168	0.9582	1.1967	10181	10178	2043±105
Tb _{3.5} Ho _{1.5} Bi ₃	0.8163	0.9622	1.1967	10166	10146	2046±115
Tb ₃ Ho ₂ Bi ₃	0.8154	0.9632	1.1950	10203	10183	2048±110
Tb _{2.5} Ho _{2.5} Bi ₃	0.8148	0.9680	1.1940	10189	10187	2044±85
Tb ₂ Ho ₃ Bi ₃	0.8140	0.9732	1.1930	10175	10169	2038±95
Tb _{1.5} Ho _{3.5} Bi ₃	0.8134	0.9782	1.1920	10151	10142	2033±100
Tb ₁ Ho ₄ Bi ₃	0.8128	0.9780	1.1910	10200	10190	2027±110
Tb _{0.5} Ho _{4.5} Bi ₃	0.8121	0.9832	1.1884	10197	10166	2015±130

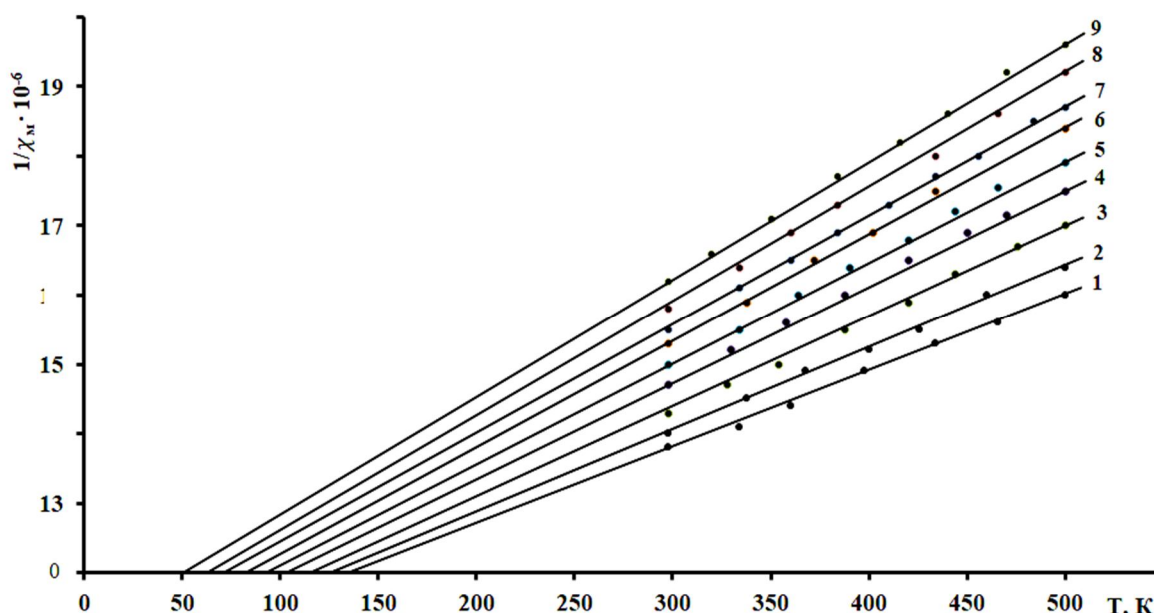


Рисунок 1 - Температурная зависимость обратной величины молярной магнитной восприимчивости твердых растворов Tb_{5-x}Ho_xBi₃; (x = 0.5÷4.5), содержащих: 1- 10, 2-20, 3-30, 4-40, 5-50; 6-60, 7-70, 8-80, 9- 90 мол.% Ho₅Bi₃, в диапазоне температур 298-500 К

В таблице 4 приведены значения молярной магнитной восприимчивости и парамагнитной температуры Кюри твердых растворов Tb_{5-x}Ho_xBi₃; (x = 0.5÷4.5),

определенных экстраполяцией линейной части зависимости $1/\chi_m - T$ к оси температур, а также значения эффективных моментов ионов тербия и гольмия. Из таблицы следует, что во всем изученном диапазоне концентраций значения χ_m и θ_p твердых растворов оказались больше, чем χ_m и θ_p Ho_5Bi_3 (40 К [5]) и чистого гольмия (85 К [6]), но меньше χ_m и θ_p Tb_5Bi_3 (146 К [6]).

Таблица 4 -Магнитные характеристики твердых растворов $\text{Tb}_{5-x}\text{Ho}_x\text{Bi}_3$; ($x = 0.5 \div 4.5$),

Твердые растворы	$\chi_m \times 10^6$ при 298 К	θ_p , К	$\mu_{\text{эфф.}} \times 10^{24}$, А·м ²
$\text{Tb}_{4.5}\text{Ho}_{0.5}\text{Bi}_3$	70921.9	135	81.6
Tb_4HoBi_3	70422.5	125	84.4
$\text{Tb}_{3.5}\text{Ho}_{1.5}\text{Bi}_3$	68965.5	115	86.2
$\text{Tb}_3\text{Ho}_2\text{Bi}_3$	66666.6	103	88.1
$\text{Tb}_{2.5}\text{Ho}_{2.5}\text{Bi}_3$	65789.4	92	90.0
$\text{Tb}_2\text{Ho}_3\text{Bi}_3$	64516.1	82	91.8
$\text{Tb}_{1.5}\text{Ho}_{3.5}\text{Bi}_3$	63694.2	70	93.6
TbHo_4Bi_3	62500.0	62	96.6
$\text{Tb}_{0.5}\text{Ho}_{4.5}\text{Bi}_3$	60606.0	50	96.4

Относительно высокие значения парамагнитной температуры Кюри твердых растворов $\text{Tb}_{5-x}\text{Ho}_x\text{Bi}_3$; ($x = 0.5 \div 4.5$), с нашей точки зрения, обусловлены обменным взаимодействием ионов, входящих в их структуру. Считаем, что магнитные свойства твердых растворов $\text{Tb}_{5-x}\text{Ho}_x\text{Bi}_3$; ($x = 0.5 \div 4.5$), определяются в основном обменным взаимодействием ионов Tb – Tb и Tb – Ho. Это исходит из следующих соображений. Парамагнитная температура Кюри твердых растворов $\text{Tb}_{5-x}\text{Ho}_x\text{Bi}_3$; ($x = 0.5 \div 4.5$), во всем исследованном диапазоне концентраций выше θ_p Ho_5Bi_3 и чистого гольмия. С увеличением концентрации иона тербия, θ_p растет, что подтверждает мнение о превалировании в них обменного взаимодействия по линии Tb – Tb.

Учитывая близкие магнитные свойства $\text{Tb}_{5-x}\text{Ho}_x\text{Bi}_3$; ($x = 0.5 \div 4.5$) с чистыми Tb и Ho можно констатировать, что магнитный порядок в твердых растворах, также как и в чистых РЗЭ, устанавливается под действием косвенного обменного взаимодействия через электроны проводимости, так называемым взаимодействием Рудермана-Киттеля-Касуи-Иосиды (РККИ) [1]. Следует отметить, что рассчитанные по данным эксперимента эффективные магнитные моменты ионов тербия и гольмия твердых растворов $\text{Tb}_{5-x}\text{Ho}_x\text{Bi}_3$; ($x = 0.5 \div 4.5$) оказалась близки к трехзарядным ионам Tb^{+3} и Ho^{+3} [6].

Таким образом, результаты данной работы указывают на возможность получения на основе Tb_5Bi_3 и Ho_5Bi_3 твердых растворов $\text{Tb}_{5-x}\text{Ho}_x\text{Bi}_3$; ($x = 0.5 \div 4.5$) с с повышенными магнитными свойствами.

Относительно высокие значения парамагнитной температуры Кюри твердых растворов, с нашей точки зрения, обусловлены обменным взаимодействием ионов, входящих в их структуру. Считаем, что магнитные свойства твердых растворов в $\text{Gd}_4-x\text{Bi}_3-y\text{Dy}_x\text{Sb}_y$ ($x = 0.4-3.6$; $y=0.3-2.7$) определяются в основном обменным взаимодействием ионов Gd – Gd и Gd – Dy.

Это исходит из следующих соображений. Парамагнитная температура Кюри твердых растворов $\text{Gd}_4-x\text{Bi}_3-y\text{Dy}_x\text{Sb}$ (таблица 4) во всем исследованном диапазоне концентраций выше θ_p Dy_4Sb_3 и чистого диспрозия. С увеличением концентрации иона

гадолиния, θ_r растёт, что подтверждает мнение о превалировании в них обменного взаимодействия по линии Gd – Gd.

Учитывая близкие магнитные свойства $Gd_{4-x}Bi_3-yDy_xSb_y$ с чистыми Gd и Dy можно констатировать, что магнитный порядок в твёрдых растворах, также как и в чистых РЗЭ, устанавливается под действием косвенного обменного взаимодействия через электроны проводимости, так называемым взаимодействием Рудермана-Киттеля-Касуи-Иосиды (РККИ) [3].

Следует отметить, что рассчитанные по данным эксперимента эффективные магнитные моменты ионов гадолиния и диспрозия твёрдых растворов $Gd_{4-x}Bi_3-yDy_xSb_y$ ($x = 0.4-3.6$; $y=0.3-2.7$) оказалась близки к трехзарядным ионам Gd^{+3} и Dy^{+3} [5].

Таким образом, результаты данной работы указывают на возможность получения на основе Gd_4Bi_3 и Dy_4Sb_3 твёрдых растворов $Gd_{4-x}Bi_3-yDy_xSb_y$ ($x = 0.4-3.6$; $y = 0.3-2.7$), с повышенными магнитными свойствами.

Список литературы

1. Белов, К.П. Редкоземельные магнетики и их применение. /К.П. Белов. -М.: Наука, 1980. – 239 с.
2. Недома, И. Расшифровка рентгенограмм порошков /И. Недома. -М.: Металлургия. 1975. -423 с.
3. Миркин, Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов /Л.И. Миркин. -М.: Физматгиз. 1961. -863 с.
4. Чечерников, В.И. Установка с использованием магнитных весов.
5. Магнитные измерения /Чечерников В.И. -М.: Изд. МГУ. 1963. с. 92-94.
6. Рахимов, Х.А. Магнитные свойства висмутидов состава Ln_5Bi_3 ($Ln = Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu$) /Х.А. Рахимов, В.Д. Абулхаев, С.О. Убайдов // Материалы международной конференции: «Комплексные соединения и аспекты их применения». –Душанбе. 2013. с. 91-93.
7. Савицкий, Е.М., Металловедение редкоземельных металлов/ Е.М.Савицкий, В.Ф.Терехова. - М.: Наука. 1975. -270 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНОК НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛА

⁴Рашидов Дж., ⁴Мирзо А., ^{1,2}Ниязбекова Р.К., ^{1,3}Шарифов Д.М., ³Сатаева Г.Е.,
¹Мухамбетов Г.М., ^{1,2}Серекпаева М.А., ^{1,2}Ибжанова А.А., ³Баратова А.А.

¹Казахстанский институт стандартизации и метрологии, г. Астана, Казахстан

²Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,
г.Астана, Казахстан

³Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва, г. Астана, Казахстан

⁴Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: rashidov.1943@mail.ru

В настоящее время наблюдаются высокий темп роста производства и широкие применения полимерных композитных материалов почти во всех отраслях промышленности: в строительстве, авиа- и машиностроение, электронике, медицины, энергетике, в науке и много других. Технология создание и получения полимерных композитных материалов на наноуровнем размере, добавила к этому новые преимущества и возможности. На основе подбора между полимерной матрицы и наночастиц, варьированием их концентрации, удаётся получить новые – нанокompозитные полимерные материалы с совершенно новыми свойствами. Полученные таким образом, новые нанокompозитные полимерные материалы с улучшенными физико-химическими и

эксплуатационными свойствами, чаще всего заменяют или дополняют различные традиционные материалы.

Как правило, подбор полимерная матрица и наночастицы (наполнителя) с целью последующего получения будущего нового нанокompозитного полимерного материала, происходит на базе апробированных научных методов и технологии. На первом этапе предварительно определяются основные назначения участвующих компонентов - полимерная матрица (в роли связующего) и наноапполнителя (как армирующего). Полимерная матрица связывает между собой наполнитель, обеспечивая, таким образом, совместную работу всех участвующих компонентов (или частиц, если используется дисперсный наполнитель), создавая монолитность будущего материала и передачу (распределение) напряжений. Поэтому, от исходных свойств, связующего зависят многие физико-химические свойства будущих образцов.

Имеющийся обширный литературный материал свидетельствует о том, что многие их физико-химические характеристики, в частности их оптические свойства [1-3], могут быть существенно, иногда в разы, улучшены путём их модификации малыми добавками углеродных наночастиц – фуллеренов, нанотрубок, нановолокон и других неорганических наночастиц.

В рамках настоящей работы приводятся исследования оптических свойств, некоторых образцов углеродсодержащих нанокompозитных полимерных плёнок на основе полистирола (ПС), где в качестве добавляемых углеродных наночастиц выбраны многослойные нанотрубки (МУНТ), фуллерены модификации C₆₀ и C₇₀.

Использование модификация наноуглеродных частиц - фуллеренов C₆₀, C₇₀ и МУНТ, в качестве нанодобавки, обоснованно тем, что они имеют молекулярную структуру (в отличие от два других аллотропных формах углерода - графит и алмаз, которые имеют кристаллическую структуру и представляющую собой периодическую решетку атомов) и являются относительно эффективными модификаторами полимерных матриц различной природы, в частности ПС [4].

Исследуемые образцы представляли плёнки из чистого полистирола полученная из раствора бромбензола и нанокompозиты на его основе с добавлением углеродных наночастиц фуллеренов C₆₀, C₇₀ и МУНТ с массовой концентрации wt = 0.1% до 10%, разной толщины (таблица 1).

Таблица 1 - Исследуемые образцы: углеродсодержащие нанокompозитные полимерные плёнки на основе ПС (из бромбензола)

№	Тип образца	Массовая концентрация наночастиц, wt %	Толщина образцов, мкм
1	Полистирол(чистый)	0	30
2	Полистирол+МУНТ	0,1	85
		0,5	95
3	Полистирол+Фуллерен C ₆₀	1	50
		3	45
		5	105
		10	110
4	Полистирол+Фуллерен C ₇₀	1	50
		3	65
		5	90

Плёнки ПС, отлитые из растворов в бромбензоле, обладают высокими показателями механических свойств. Однако при введении в них наполнителя с такими же размерами наночастиц (т.е. молекул фуллерена) механическое поведение пленок не меняется.

Вероятно, в ПС фуллереновые частицы ввиду слабого взаимодействия с макромолекулами полимера (противодействие между бензольными привесками полимера и шестигранниками C₆₀) агрегируют в относительно крупные кластеры, что, в свою очередь, приводит к разрыхлению полимерной матрицы, образованию множества дефектов типа микропор и микротрещин и, в конечном итоге, к падению интегральной прочности и деформируемости. Следует особо отметить, полученные углеродные нанокompозитные полимерные плёнки на основе ПС+МУНТ. МУНТ - эта форма углерода, которая по своей структуре занимает промежуточное положение между графитом и фуллеренами. Однако многие свойства углеродных нанотрубок не имеют ничего общего ни с графитом, ни с фуллеренами. Это позволяет рассматривать и исследовать нанотрубки как самостоятельный материал, обладающий уникальными физико-химическими характеристиками. Поэтому, исследование влияния углеродные нанотрубки в качестве нанодобавки в матрицах ПС, представляют значительный фундаментальный и прикладной интерес.

На рисунке 1 приведены внешний вид (фотоиллюстрация) исследуемых образцов углеродных нанокompозитных полимерных (УНП) плёнок на основе ПС и средняя значения их толщины, которые находились в пределах от 30 до 110 (мкм).

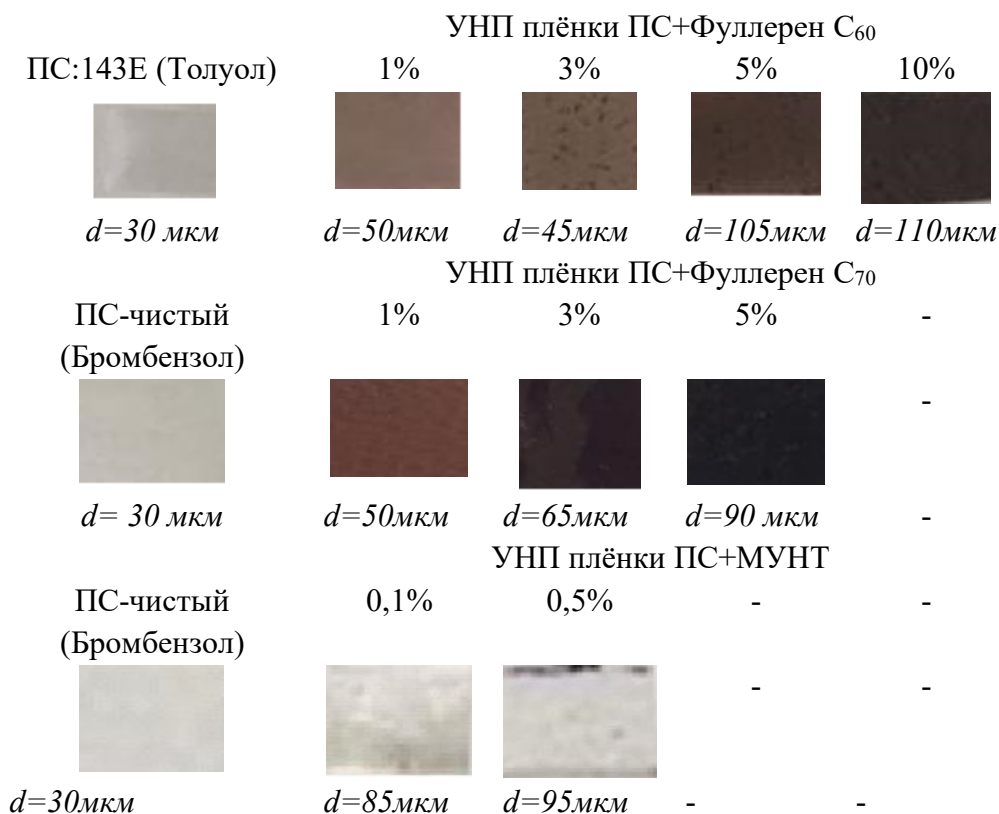


Рисунок 1 - Фотоиллюстрация исследуемые УНП плёнки на основе ПС

Спектрофотометрические методы, как один из эффективных и оперативных методов оптического исследования даёт ряд важных информации о спектрах поглощения (А), пропускания (Т) и отражения (R) исследуемых образцов, которые связаны соотношением:

$$A + R + T = 1 \quad (1)$$

Коэффициент поглощения $\alpha(\lambda)$, где λ - длина волны оптического излучения, можно оценить по спектру оптического поглощения $A(\lambda)$ (поглощательная способность) с помощью выражением:

$$\alpha(\lambda) = 2,303 \frac{A(\lambda)}{d}, \quad (2)$$

где d , см - толщина исследуемых образцов (плёнки), а величина $A(\lambda)$ для соответствующей длиной волны может быть определён, как логарифм отношения интенсивности падающего $I_0(\lambda)$ и прошедшего $I(\lambda)$ луча, т.е. как: $A(\lambda) = \log I_0(\lambda)/I(\lambda)$.

Спектры поглощения и особенно край поглощения, представляют собой полезный метод для исследования оптически индуцированного перехода и получения информации о структуре зоны, энергии связи и энергии (ширины) запрещённые зоны. Таким образом, край поглощения для прямых и непрямых переходов можно получить с учётом моделей, предложенных Тауцом и др.[5]:

$$\alpha \times E_F = C_0(E_F - E_g)^n, \quad (3)$$

где α – коэффициент поглощения, $E_F = h\nu$ – энергия фотона, C_0 – энергонезависимая константа, связанная с свойства валентной зоны и зоны проводимости, E_g – энергия ширины запрещённой зоны исследуемого образца, $n = \frac{1}{2}; \frac{3}{2}$; 2 или 3 - для прямого разрешённого, прямого запрещённые, косвенно разрешённые и косвенно запрещённые переходы, соответственно.

Спектры оптического поглощения (отражения и пропускание) всех образцов измерялись на базе спектрофотометра Cary 60 UV-Vis (Agilent Technologies, США) в диапазоне от 190 до 1100 нм.

Результаты спектрофотометрические исследования образцов ПС+МУНТ, т.е. спектры: а) поглощения, б) отражения и с) приведены на последующих рисунках.

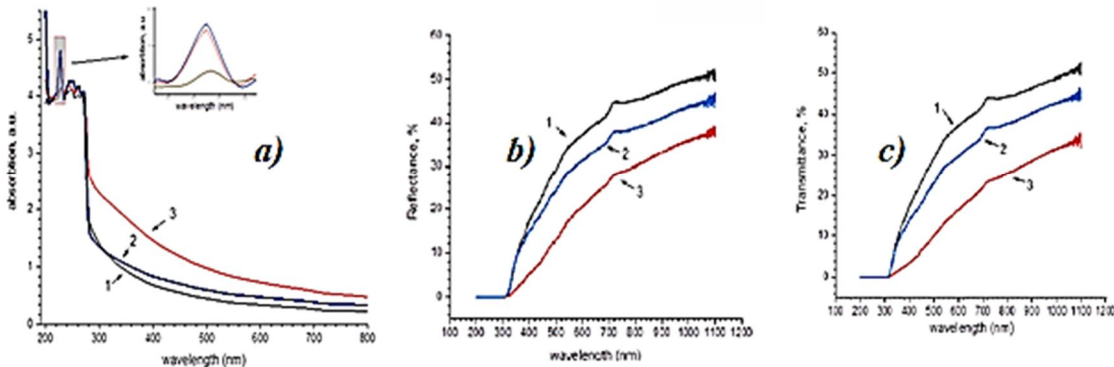


Рисунок 2- Спектры: а) поглощения, б) отражения и с) пропускания образцов ПС+МУНТ. 1- ПС чистый; 2-ПС+0,1%МУНТ; 3-ПС+0,5%МУНТ

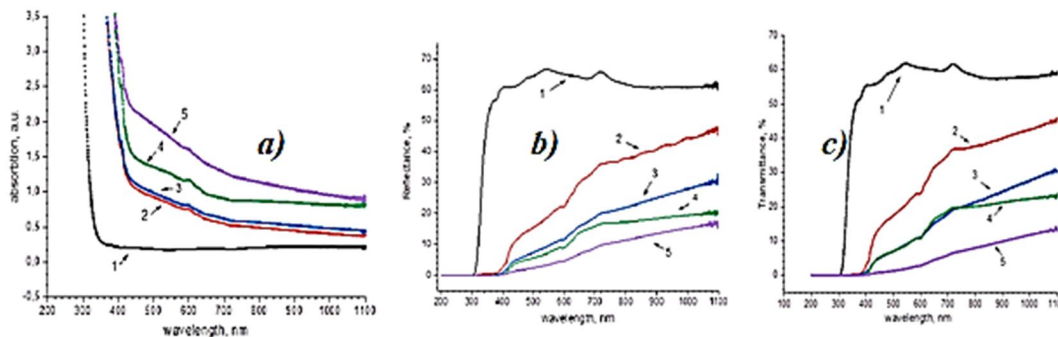


Рисунок 3 - Спектры: а) поглощения, б) отражения и с) пропускания образцов ПС+Фуллерен C_{60} : 1- ПС чистый; 2 -ПС+1% C_{60} ; 3 –ПС+ 3% C_{60} ; 4-ПС+ 5% C_{60} ; 5- ПС+10% C_{60} .

Как видно, в спектрах поглощения всех исследуемых образцов наблюдаются увеличения коэффициента поглощения по мере увеличения концентрации углеродных наночастиц.

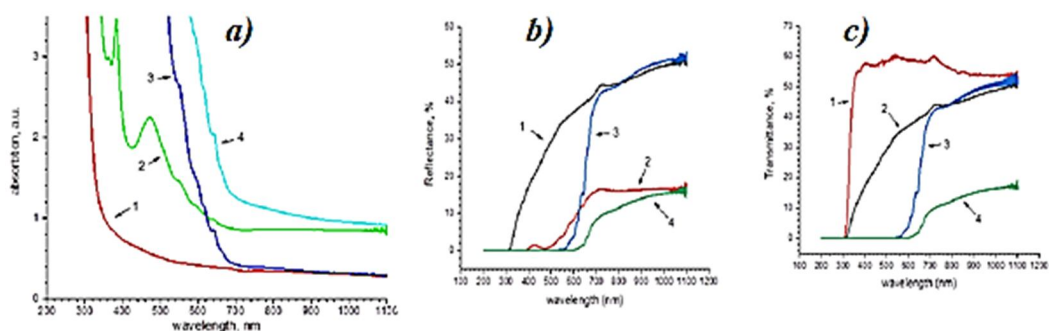


Рисунок 4 - Спектры: *a)* поглощения, *b)* отражения и *c)* пропускания образцов ПС+Фуллерен C_{70} :
 1- ПС чистый; 2-ПС+1% C_{70} ; 3 –ПС+ 3% C_{70} ; 4- ПС+5% C_{70} .

Добавленные углеродные наночастицы к матрицам полимерных плёнок, не изменяет химическую структуру полимера, но однако, в комбинации с полимерной матрицей образуя УНП плёнки, существенно влияют на целый ряд их физических свойств. В частности, по графику зависимости $(\alpha E_F)^2 = f(E_F)$ для образцов группы ПС+ C_{60} , экстраполируя на них линейный участок к осью абсцисс E_g по точку пересечения были определены их энергия ширины запрещённой зоны.

Экспериментально исследованы оптические свойства некоторых образцов углеродсодержащих нанокompозитных полимерных плёнок на основе полистирол. Получены спектры поглощения (отражения и пропускания) образцов с добавлением разных концентрация трёх видов углеродных наночастиц: фуллеренов C_{60} , C_{70} и МУНТ. Показаны, что в спектрах поглощениях всех исследуемых образцов наблюдаются увеличения показателя поглощения с ростом концентрации наночастиц. Определены энергия ширины запрещённой зоны исследуемых образцов в зависимости от концентрации добавленных наночастиц. Показано, что с увеличением концентрации наночастиц, уменьшается значение энергия ширины запрещённой зоны образцов. Например, этот показатель для образца ПС+ C_{60} уменьшается в пределах от 4эВ (для чистого ПС) до $\approx 2,9$ эВ (для образца ПС+10% C_{60}).

Благодарности. Работа выполнена в рамках Программы BR12967699 «Создание нормативной документации, научно-технических основ эффективных композиционных smart материалов на основе отходов промышленности».

Список литературы

1. Sabu Th., Didier R, Deepalekshmi P. // Spectroscopy of Polymer Nanocomposites, 1st Edition, William Andrew, 2016, 484p. DOI:10.1016/C2014-0-03751-3
2. Neethu J., Aleena A.M., Elcey C. Daniel, et. al. Polymer-Carbon nanocomposite: Synthesis, optical and biocidal properties. //Chemistry, Volume 5, January 2023, 1-3pp. DOI:10.1016/j.rechem.2023.100826.
3. Liliane Bokobza Spectroscopic Techniques for the Characterization of Polymer Nanocomposites. // Review. Polymers 2018, 10, 7, 21p. DOI: 10.3390/polym10010007.
4. Багровская Н. А., Алексеева О. В. Влияние растворителя на оптические свойства фуллерена в растворах и полимерных композитах на основе полистирола.// Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2013. Вып. 3 (45). С. 22—28.
5. Tauc J., Menth A., Wood D.L. Optical and magnetic investigations of the localized states in semiconducting glasses. //Phys. Rev. Lett., 1970; 25: P.749-752. DOI:10.1080/00222348.2010.541848.

ОМУЗИШИ РАВАНДИ ВАЙРОНШАВИИ АЛОҚАҲОИ АДГЕЗИОНӢ БО МЕТОДҲОИ МУОСИРИ ФИЗИКӢ

Юсупов З.Н.

МДТ “Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Б.Ғафуров”, ш.Хуҷанд, Тоҷикистон,
zarif_1972@mail.ru

Дар ҷомеаи имрӯза алоқаҳои адгезионӣ дар соҳаҳои гуногуни истеҳсолот ба монанди саноати мошинсозӣ, электроника, таҷҳизотсозӣ, дар техникаи фазонавардӣ, истеҳсоли мебел, саноати чарм-пойафзолсозӣ, истеҳсоли молҳои талаботашон ҳаррӯза ва дар сохтани иншоотҳо ва ғайра истифода бурда мешаванд. Ёдовар шудан мумкин аст, ки чунин маводҳои композитӣ дар ҷомеаи имрӯза як ҷузъи ҷудонашавандаи саноат ба ҳисоб рафта, омӯзиши ин хосиятҳои физико-механикии онҳо як комёбии бузурге ба ҳисоб меравад, ки барои дарёфти натиҷаҳои нав дар самти қонуниятҳои вайроншавии физикаи муосир.

Дар ин самт ташкили технологияи алоқаҳои адгезиони (АА), имконияти медиҳад, ки ҳудудҳои васеъ идоракунии хосиятҳои физикӣ ва функционалии чунин контактҳои онҳоро ҷолиб мегардонад, баъзан роҳи ягонаи имконпазири элементҳои конструкция мебошад.

Алоқаҳои адгезионӣ як ҷузъи маводҳои композитсионӣ ба ҳисоб мераванд, ки элементҳои зарурӣ дар сохтори маводҳои композитсионӣ ин минтақаи контакти – майдони пайвастагии адгезионӣ ба ҳисоб меравад. Сифати пайвастагии адгезионӣ дар бисёр вақт мустақамии композитро муайян мекунад, вале дараҷаи пайвасткунӣ вобаста аз табиати ҷуфтҳои контактшуда метавонанд гуногун бошанд. Яке аз аввалин гипотезаҳои пайвасткунии пардаи адгезивро аз рӯи субстрат мефаҳмонад, ин гипотеза дар бораи механикии адгезив дар субстрати микронуксонҳо, яъне адгезияи механикӣ мебошад. Мак-Бейн адгезивро ҳамчун раванди дохилшавии адгезив дар натиҷаи расиш ба ковокчаҳо (порӣ) ва ноҳамвориҳои бо сатҳи субстрат пайвастшавандаро маънидод карда буд.

Дар ибтидои солҳои чилуми асри гузашта Мак-Ларен ва Дебройн назарияи адгезияи ҷаббанда, ки адгезияро ҳамчун натиҷаи ҷаббиши молекулаи адгезив дар сатҳи субстрат мебошад, исбот намуд. Маълум аст, ки ҷаббиш танҳо ҳангоми контакти молекулярӣ будан ба вучуд меояд, яъне ҳангоми наздикшавии молекулаи адгезив (ҳангоми макромалекула- сегментҳои онҳо) ба сатҳи субстрат дар масофаи ҳаракати кувваҳои байни молекулярӣ 0,4-0,5 нм, ки дар қисми майдони геометрии ченкардамешуда танҳо ҳангоми тар кардани субстрат ба адгезив мумкин аст. Ҳамин тавр мувофиқ ба назарияи ҷаббиш таркунӣ шартӣ асосӣ ба ҳисоб меравад ва ҷаббиш сабаби адгезия ба ба ҳисоб меравад. Бо адгезив сатҳи болоии субстратро тар кардан ба баландшавии ҳарорат, даровардани пластификаторҳо, татбиқи ҳалқунандаҳо, фишори зарурӣ мусоидат мекунад.

Норасоғии асосии назарияи фурубурд (назарияи адсорбционная) адгезия ин зиддияти қонуниятҳои маъмули кутбият мебошад, ки дар он асос ёфтааст: адгезияи баланд байни субстрати кутбият ва адгезиви ғайрикутбӣ ё ин ки баръакс комёб шудан номумкин аст.

Чунин маводҳои композитӣ элементҳои сохтори материалҳои композитсионии замонавӣ ба ҳисоб мераванд. Коршоямӣ ва дарозумрии мошинҳо ва механизмҳо, ки дар ва композитҳо кор мекунанд, бештар аз мустаҳкамӣ ва дарозумрии АА вобаста аст. Мустаҳкамӣ ва дарозумрии АА на танҳо аз табиати чуфтҳои адгезионӣ ва адгезивҳо балки аз шиддатнокии ҳаракатҳои омилҳои беруна (борҳои механикӣ, ҳароратҳо, намнокӣ, радиатсияҳо ва ғайра) вобастагии беназирро доро мебошад.

Омузиш ва тадқиқоти таъсири омилҳои беруна ба мустаҳкамӣ ва раванди вайроншавии алоқаи адгезионии оҳану бетон ин масъалаи муҳим ва актуалии илми физика ва механикаи инчунин технология коркарди маводҳои композитӣ ба ҳисоб меравад.

Дар ин самт тадқиқоти систематикӣ мустаҳкамӣ бардавоми АА зери таъсири омилҳои беруна, омузиши бавучудоии раванди вайроншавии АА дар сатҳҳои микроскопӣ ва сохторӣ имконияти коркарди қонуниятҳои умумии вайроншавии чунин алоқаҳоро ошкор менамояд. Натиҷаҳои саҳеҳи дар ин самт исботкардашуд, имконияти пешгуӣ на танҳо дарозумрии конструсиаи ҳақиқӣ бо назардошти омилҳои берунаро медиҳад, инчунин имконияти пешгуӣи хосиятҳои физика-механикӣ маводи композитсионии лоиҳашавандаи элементи конструсиаро дар назар дорад. Таҳлили адабиётҳо ба проблемаҳои мустаҳкамӣ композитҳо ва АА нишон медиҳад, ки саволҳои таъсири омилҳои беруна ба мустаҳкамӣ ва вайроншавии **алоқаҳои адгезионӣ** мунтазам тадқиқ ва то охир омӯхта нашудааст.

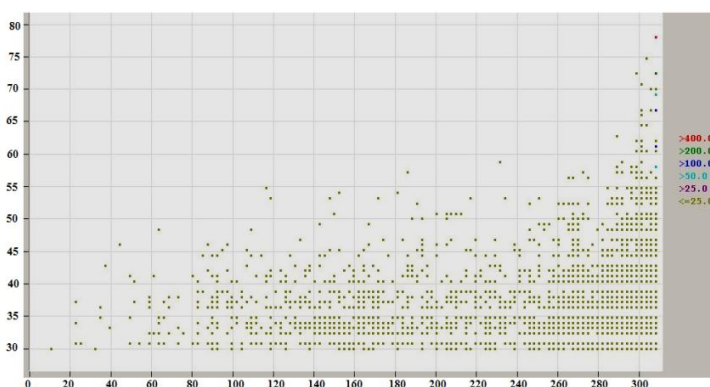
Маълумотҳои, ки дар адабиётҳо дар мавзуи мустаҳкамӣ ва вайроншавии АА, ки дар ҳолатҳои гуногун гирифта омӯхта шудаанд, вобаста ба вайроншавии микромеханикӣ ҳамин контактҳо ва композитҳо ҳулосаҳои умумӣ бароварданро имконият намедиҳанд. Вобаста ба ин дар мақолаи мазкур вазифагузорӣ карда шуд, ки дар таҷрибаҳои лабораторӣ таъсири омилҳои беруна ба мустаҳкамӣ ва раванди вайроншавии **алоқаҳои адгезионӣ** мунтазам омӯхта ва тадқиқ карда шавад.

Тадқиқоти раванди вайроншавии алоқаҳои адгезионӣ бо методи эмиссияи акустикӣ (АЭ). Мувофиқи масъалагузорӣ тадқиқот яъне таъсири омилҳои беруна ба мустаҳкамӣ ва вайроншавии алоқаҳои адгезионӣ, методи муносири тадқиқоти физикӣ ва маводҳои таркибӣ аз методи эмиссияи акустикӣ, ки хеле васеъ барои тадқиқот бурдани муаммоҳои вайроншавии композитҳо ва инчунин барои таҳхис ва пешгуӣи қоршоямии кубурҳои марказӣ, таҳхизотҳои энергетикӣ ва ғ. истифода бурда шуд. Ба баъзе мушкилиҳои методӣ нигоҳ накарда, методи эмиссионӣ-акустикӣ имрӯзҳо яке аз методи маълумотӣ дар тадқиқоти протесси вайроншавии композитҳо ва чинсҳои кӯҳӣ мебошад.

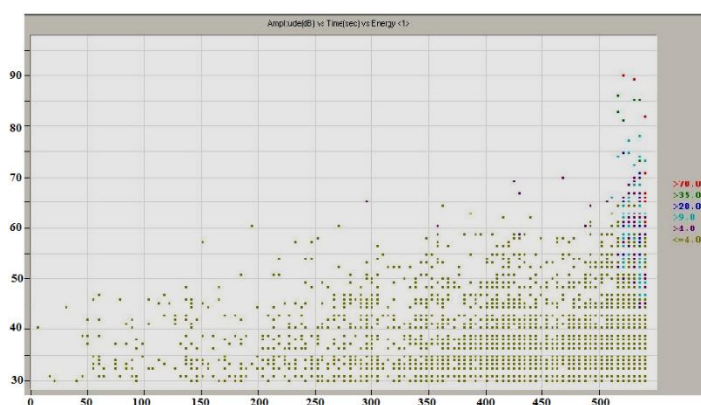
Дар расми 1(а) спектри амплитудӣ-вақтии садодиҳҳои эмиссионӣ-акустикӣ оварда шудааст, ки он дар шаклтағйирдиҳҳои фаъоли намунаҳои алоқаҳои «чарм-десмокол-чарм», ки дар ҳолати аввала (исходний) санчида шудааст, ба қайд гирифта шудааст. Метавон дид, ки эмиссияи акустикӣ садодиҳҳо дар аввали корбарӣ хеле кам аст. Садодиҳҳо дар ин ҳолат баъди 20 сонияи корбарии намунаҳо пайдо гардида, миқдори онҳо тақрибан то 80 сония хеле кам зиёд мешавад. Баъди ин миқдори эмиссияи акустикӣ садодиҳҳо зиёд мешавад. Баъдан фаъолнокии садодиҳҳо қариб то охири корбарӣ (дар ин ҳолат тақрибан то 300 сония) доимӣ мемонад. Дар ин фосилаи вақт

гарчанде ки садодиҳиҳо бо амплитудай калон ба назар мерасад, аммо онҳо хеле каманд. Таҳлил нишон медиҳад, ки миқдори садодиҳиҳои $A > A_{ср}$ тақрибан 30 фоизро аз миқдори умумии садодиҳиҳо ташкил медиҳад. Танҳо дар марҳилаи охирини ҳаёти намуна (дар байни 300-320с) баландравии якбораи миқдори садодиҳиҳои баландамплитудӣ ба назар мерасад.

Дар расми 1(б) барои фарқкунӣ ҳамон спектри ягонаи садодиҳиҳои эмиссияи акустикӣ оварда шудааст, ки ҳангоми шаклтағйирдиҳии намунаи «чарм-десмокол-чарм», ки ба 30 маротиба термосиклиронидашавӣ r_1 ба r_2 гардидааст, оварда шудааст. Фарқкунии спектрҳои эмиссионӣ-акустикӣ намунаҳои аввала бо спектрҳои намунаҳои термосиклиронидашуда, нишон медиҳад, ки ҳангоми шаклтағйирдиҳии намунаҳои термосиклиронидашуда, миқдори садодиҳиҳо ва муддати ҳаёти намунаҳо якбора баланд мешавад. Дар ин ҷо, инчунин дар аввали шаклтағйирдиҳӣ протсесс хеле ором мегузарад. Баъди тақрибан 50 сония шикофҳосилшавии фаъл оғоз мегардад. Баъдан дар минтақаи $t > 50$ сония, гарчанде ки инкишофи ноаёнӣ фаълнокии садодиҳиҳои эмиссионӣ-акустикӣ дар умум тақрибан то 520 сония мебошад, протсесс мӯътадил бе ягон тағйиротҳои якбора мегузарад. Баъдан дар мавзеи $t > 520$ сония пеш аз макровайроншавии намуна ҷаҳиши якбораи афзоиши фаълнокии садодиҳиҳои эмиссионӣ-акустикӣ, инчунин баландамплитудӣ ба назар мерасад.



а

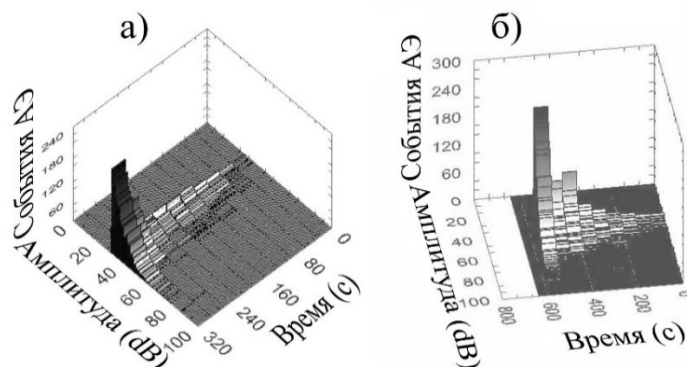


б

Расми 1 - Вобастагии амплитудай (энергия) садодиҳиҳои эмиссияи акустикӣ аз вақти корбарии намунаи АА «чарм-чарм» дар ҳолати аввала (а) ва баъди N-30 термосикл (б)

Дар расми 2(а) ин натиҷаҳо дар координатаҳои «вақт-амплитуда-миқдори садодиҳиҳо» оварда шудааст. Дар чунин нишондод вобастагии амплитудӣ-вақтии садодиҳиҳои эмиссияи акустикӣ намоиш дода шудааст. Маълум аст, ки агар дар

марҳилаҳои аввалини шаклтағйирдиҳӣ миқдори зиёди садои садоиҳо амплитудай миёна ва пастро дошта бошад, дар охири ҳаёти намуна миқдори калони садоиҳо пастамплитудӣ афзоиши миқдори садоиҳо баландамплитудӣ ба миён меояд.



Расми 2 - Вобастагии миқдор ва амплитудай садоиҳо аз вақти корбарӣ бо намунаҳои АА «чарм-чарм» дар ҳолати аввала (а) ва баъди N-30 термосиклҳо (б)

Фарқкунии натиҷаҳои эмиссияи акустикӣ, ки ҳангоми шаклтағйирдиҳии намунаҳо дар ҳолати аввала бо чунин намунаҳо, ки термосиклирониро гузаштаанд, ба даст омадааст, нишон медиҳад, ки ҳангоми шаклтағйирдиҳии намунаҳои термосиклиронидашуда: аввалан-миқдори садоиҳо эмиссионӣ-акустикӣ баланд мешавад. Ҳамин тавр, дар ин ҳолат агар миқдори умумии ҳодисоти эмиссияи акустикӣ барои намунаи аввала 3905 бошад, барои намунаи термосиклиронидашуда он 5979-ро ташкил медиҳад. Дар ҳол маҷмӯи энергияи садоиҳо эмиссионӣ-акустикӣ дар намунаҳои аввала назар ба намунаҳои ба термосиклиронӣ дучоркардашуда камтар хорич мешавад.

Дуюмин «садоиҳо» дар намунаҳои термосиклиронидашуда, шикофҳосилшавӣ аллакай дар аввали протесси шаклтағйирдиҳӣ оғоз мегардад, зеро, дар натиҷаи термосиклиронӣ дар ҳудуди буриши «чарм-чарм» сохтори нуқсондор ҳосил мегардад. Ин низ ба он оварда мерасонад, ки вақти шаклтағйирдиҳӣ ё дарозумрии намунаҳои термосиклиронидашуда, назар ба намунаҳои аввала аён боло меравад (расми 3.2а). Зиёдшавии вақти вайроншавии алоқаи часпандагии намунаҳои термосиклиронидашуда, назар ба намунаҳои аввала ҳангоми суръати якхелаи шаклтағйирдиҳӣ пастшавии суръати вайроншавии намунаҳои осебдидаро нишон медиҳад. Зиёдшавии миқдори термосиклҳо то 50 ба фарқияти калони муносибати намунаҳо оварда мерасонад.

Сабоби «танаффусӣ» протесси вайроншавии намунаҳои термосиклиронидашуда, нуқсонҳо (микротаркишҳо) мебошанд, ки онҳо дар АА дар натиҷаи термосиклиронӣ ба вучуд меояд. Аз тасаввуроти умумӣ протесси инкишофи вайроншавиро чунин ҳаёл кардан мумкин аст.

Адабиёт

1. Абдуманонов А., Юсупов З., Авезова Р. Таъсири микронуқсонҳо ба раванди вайроншавӣ ва мустаҳкамии контакти адгезионӣ. // Маводҳои конф. илмӣ-амалии «Рушди фанҳои табиатшиносӣ дар давраи Истиқлолияти Ҷумҳурии Тоҷикистон» бахшида ба 80 солагии М.М.Акрамова, ш.Бӯстон, ДКМТ, 4.01.2017, С. 7-9.
2. Владимиров В.И. Физическая теория пластичности и прочности. Л., ЛПИ, 1975, ч.П, 152 с.
3. Зимон А.Д. Что такое адгезия. М.:1983, 176с.
4. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е., Кинетическая природа прочности твёрдых тел. М., Наука, 1974, 560 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ СПЛАВА АЖ2.18 ЛЕГИРОВАННОГО ПРАЗЕОДИМОМ

И. Н. Ганиев¹, Ф. Холмуродов², А. Г. Сафаров², Э.Н. Эсанов¹

¹Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук
Таджикистана, Адрес: Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе, проспект Айни
299/2, E-mail: ganievizatullo48@gmail.com

²Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана, Адрес:
Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/1.

В последние десятилетия РЗМ (редкоземельные металлы) широко используются, как легирующие добавки для алюминиевых сплавов. Особые свойства, крайне необходимые для функционирования большинства физических устройств, были обнаружены при исследовании редкоземельных металлов, их строения и физико-химических характеристик. Исследование уникальных свойств РЗМ позволило исследователям использовать их, как добавки к алюминиевым сплавам, в частности, к сплаву АЖ2.18 с целью улучшения свойств этих сплавов [1-7].

В этой работе рассматривается исследование теплофизических свойств алюминиевого сплава АЖ2.18 модифицированного редкоземельным металлом – празеодимом.

С целью изучения удельной теплоёмкости образцов сплавов АЖ2.18 с различными содержаниями празеодима (Pr), вначале были изучены зависимости изменения времени охлаждения и скорости охлаждения указанных образцов от температуры [6,7]. На рисунках 1 и 2 обобщены термограммы, которые получены экспериментально по выражениям для времени охлаждения:

$$T = T_0 + \frac{1}{2} \left[(T_1 - T_0) e^{-\tau/\tau_1} + (T_2 - T_0) e^{-\tau/\tau_2} \right] \quad (1)$$

и для скорости охлаждения образцов:

$$\frac{dT}{d\tau} = - \left(\frac{T_1 - T_0}{\tau_1} \right) e^{-\tau/\tau_1} + \left(\frac{T_2 - T_0}{\tau_2} \right) e^{-\tau/\tau_2} . \quad (2)$$

Измерения проводились в диапазоне температур от 300 до 900 К через каждые 100 К, а содержания Pr варьировались от 0.1 до 2.5 мас. %.

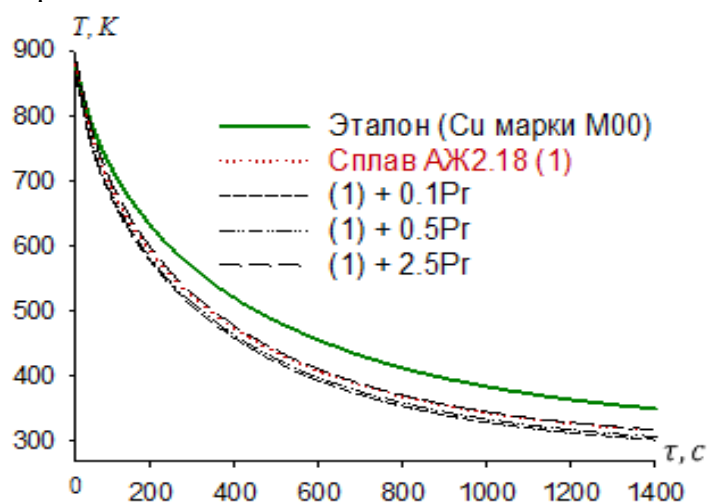


Рисунок 1 - Изменение времени охлаждения образцов от температуры для сплавов АЖ2.18 с различными содержаниями Pr в сравнении с эталоном (Cu-M00).

Как видно из рисунков 1 и 2 при увеличении температуры в образцах отмечается

увеличение времени их охлаждения, а также увеличение скорости охлаждения.

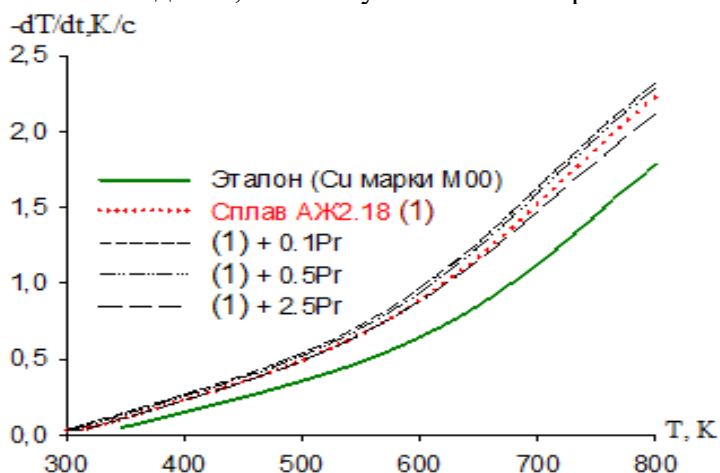


Рисунок 2 - Изменение скоростей охлаждения от температуры образцов сплавов АЖ2.18 с различными содержаниями Pr по сравнению с эталонным образцом (Cu-M00)

Величины коэффициентов, которые были использованы при расчётах скорости охлаждения в зависимости от температуры согласно выражению (1), обобщены в таблице 1.

Таблица 1 - Изменение величин коэффициентов ΔT_1 , ΔT_2 , τ_1 , τ_2 для образцов сплавов АЖ2.18 с различными содержаниями Pr, согласно выражению (1) и эталонного образца (Cu-M00) [122]

Содержание Pr в образцах, мас%	ΔT_1 , К	τ_1 , с	ΔT_2 , К	τ_2 , с	$\Delta T_{01}/\tau_1$, К/с	$\Delta T_{02}/\tau_2$, К/с	ΔT_0 , К
0.0	202.66	85.47	426.42	439.67	2.37	0.96	199.25
0.1	202.67	85.47	426.43	439.67	2.37	0.97	284.40
0.5	202.68	85.47	426.44	439.67	2.37	0.98	289.25
2.5	208.93	95.23	424.36	451.48	2.19	0.94	298.46
Эталон	169.63	91.74	424.85	516.23	1.84	0.82	222.09

В таблице 2 и на рисунке 3. приведены рассчитанные через каждые 100 К данные удельной теплоёмкости (C_p) для образцов сплавов АЖ2.18 с различными содержаниями Pr.

Таблица 2 - Изменение величин удельной теплоёмкости (кДж/(кг·К)) от температуры для образцов сплавов АЖ2.18 с различными содержаниями Pr и эталонного образца (Cu-M00)

Содержание Pr в образцах, мас%	300 К	400 К	500 К	600 К	700 К	800 К
0.0	0.83	1.12	1.30	1.39	1.45	1.54
0.1	0.84	1.14	1.32	1.46	1.47	1.56
0.5	0.87	1.15	1.34	1.49	1.49	1.58
2.5	0.90	1.18	1.39	1.51	1.54	1.62
Эталон	0.38	0.39	0.40	0.42	0.42	0.43

Как видно из таблицы 2 и рисунка 3 при введении в исходный сплав АЖ2.18 различных содержаниями Pr (0.1-2.5мас.% Pr) величины удельной теплоёмкости значительно увеличиваются, также увеличение удельной теплоёмкости происходит при увеличении

температуры.

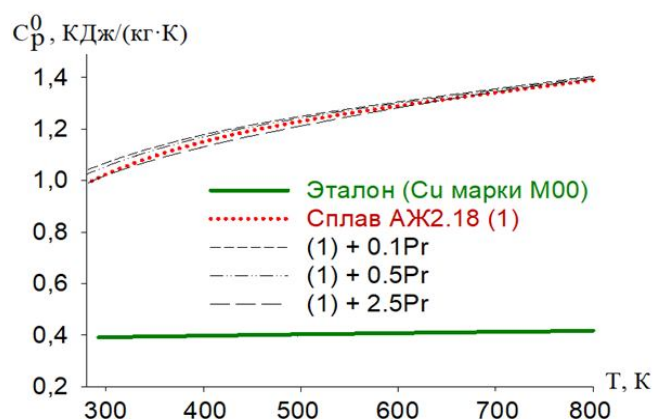


Рисунок 3 - Изменение величин удельной теплоёмкости (кДж/(кг·К)) от температуры для образцов сплавов АЖ2.18 с различными содержаниями Pr и эталонного образца (Cu-M00).

Так, для исходного сплава АЖ2.18 величина (C_p) равна 00.83 кДж/(кг·К) при 300 К, при введении в исходный сплав 2.5% Pr при 300 К величина (C_p) составляет 0.90 кДж/(кг·К), увеличиваясь до 1.62 кДж/(кг·К) при 800 К.

Таким образом, в данной работе изучена время охлаждения и скорости охлаждения образцов, удельная теплоёмкость для сплава АЖ2.18 с содержаниями Pr в пределах 0.1-2.5 мас.%. Показана зависимость этих характеристик от температуры. Можно заключить, что при увеличении температуры теплоёмкость увеличивается.

Список литературы

1. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. Основы технической теплофизики. М.: Машиностроение-1, 2004. 172 с.
2. Исаченко В.П. Осипова В.А. Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1969. 440 с.
3. Ларионов Н. Н. Общая теплотехника. М.: Стройиздат, 1975. 559 с.
4. Мирам А.О., Павленко В.А. Техническая термодинамика. Тепломассообмен: учебник для вузов. М.: АСВ, 2011. 351 с.
5. Белов С.В. Коэффициенты теплоотдачи в пористых металлах // Теплоэнергетика. 1976. № 3. С. 74-77.
6. Ганиев И.Н., Ниёзов О.Х., Сафаров А.Г., Муллоева Н.М. Влияние стронция на теплоёмкость и изменение термодинамических функций свинцового сплава SSu_3 // Известия Санкт-Петербургский государственный технический институт (технологический университет). 2018. №47. С.36-42.
7. Ганиев И.Н., Отаджонов С.Э., Иброхимов Н.Ф., Махмудов М. Температурная зависимость теплоёмкости и изменений термодинамических функций сплава АК1, легированного стронцием // Теплофизика высоких температур. 2019. Т.57. №1. С.26-31.

АНИЗОТРОПИЯ СКОРОСТИ ЗВУКА В МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЯХ

К. Комилов, А.К. Зарифзода

Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: afzal.z@mail.ru

Развития методов исследования процессов распространения звуковых волн в магнитных жидкостях дает широкую возможность всесторонне изучать их физические свойства с целью их дальнейшего практического применения. Наряду с другими методами в настоящее время широко используются акустические методы, и их результаты нашли применения в различных областях физики. Многие исследования, посвященные исследованию наноструктур и свойств магнитных жидкостей, основаны на методе

акустического анализа [1, 2]. К одним из успешных методов относится метод молекулярной акустики, который позволяет исследовать необратимые процессы в жидких системах и получить информацию об их свойствах и строениях. Этот метод позволяет вычислить акустические параметры в магнитных жидкостях и установить их зависимость от термодинамических параметров системы и частоты внешнего воздействия.

В [3] на основе метода статистической теории для модели двухкомпонентной магнитной жидкости с вмороженной намагниченностью была получена система уравнений магнитогидродинамики, с учетом выражений для динамических коэффициентов вязкостей и модулей упругости. Исходя из уравнений магнитогидродинамики получены дисперсионные уравнения, которые описывают сдвиговые и магнитозвуковые волны и имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} (\rho_0 \omega^2 - \tilde{\mu}(\omega) k^2) u^\alpha - \left(\tilde{K}(\omega) + \frac{1}{3} \tilde{\mu}(\omega) \right) k^\alpha (\mathbf{k} \cdot \mathbf{u}) + i \frac{\mu_0}{\chi} (\mathbf{k} \cdot \mathbf{M}_0) M^\alpha = 0, \\ M^\alpha - i (\mathbf{k} \cdot \mathbf{M}_0) u^\alpha = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Если декартовую систему координат выбираем так, чтобы направление внешнего магнитного поля \mathbf{H}_0 совпадало с осью Oz , а волновой вектор \mathbf{k} лежал на плоскости Oyz , образуя с осью Oz угол ϑ , то в этом случае система (1) распадется на следующих систем скалярных уравнений:

$$\begin{aligned} (\rho_0 \omega^2 - \tilde{\mu}(\omega) k^2) u_x + i \frac{\mu_0}{\chi} M_0 k_z M_x = 0, \\ i M_x + M_0 k_z u_x = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} (\rho_0 \omega^2 - \tilde{\mu}(\omega) k^2) u_y - \left(\tilde{K}(\omega) + \frac{\tilde{\mu}(\omega)}{3} \right) (k_y^2 u_y + k_y k_z u_z) + i \frac{\mu_0}{\chi} M_0 k_z M_y = 0, \\ (\rho_0 \omega^2 - \tilde{\mu}(\omega) k^2) u_z - \left(\tilde{K}(\omega) + \frac{\tilde{\mu}(\omega)}{3} \right) (k_y k_z u_y + k_z^2 u_z) + i \frac{\mu_0}{\chi} M_0 k_z M_z = 0, \\ i M_y + M_0 k_z u_y = 0, \\ i M_z + M_0 k_z u_z = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Мы получили две системы независимых уравнений, из которых первая система содержит только x -компоненты, а вторая y и z компоненты векторов возмущения. Первая система уравнений описывает возмущение переменных в направлении оси x , перпендикулярный волновому вектору. Следовательно, эти уравнения описывают распространение сдвиговых волн в магнитных жидкостях.

Теперь рассмотрим волны, описываемые уравнениями (3). Составляя определитель из (3) и приравняв его к нулю, получим биквадратное уравнение, решая которого, для скорости магнитозвуковых волн имеем:

$$c_1^2(\omega) = \frac{1}{\rho_0} \left(K_0 + K(\omega) + \frac{4}{3} \mu(\omega) + \mu_0 M H \cos^2 \vartheta \right), \quad (4)$$

$$c_2^2(\omega) = \frac{1}{\rho_0} (\mu(\omega) + \mu_0 M H \cos^2 \vartheta). \quad (5)$$

Выражения (4) и (5) описывают скорости распространения быстрых и медленных магнитозвуковых волн соответственно. Видно, что как быстрая так и медленная волна зависят от угла ϑ , между волновым вектором и вектора напряженности внешнего магнитного поля, т.е. обладают анизотропией распространения. В случае распространения

волн вдоль внешнего магнитного поля, т.е. при $\vartheta = 0$, быстрая и медленная магнитозвуковые волны распространяются с наибольшими скоростями. При распространении волн перпендикулярно внешнему полю, скорости их распространения являются наименьшими.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты численных расчетов зависимости отношения скорости быстрого звука $\Delta = (c(\vartheta) - c_0) / c_0$ от угла ϑ при различных значениях частоты и напряженности магнитного поля для магнитных жидкостей на основе керосина и воды. c_0 – скорость звука в магнитной жидкости в отсутствии магнитного поля.

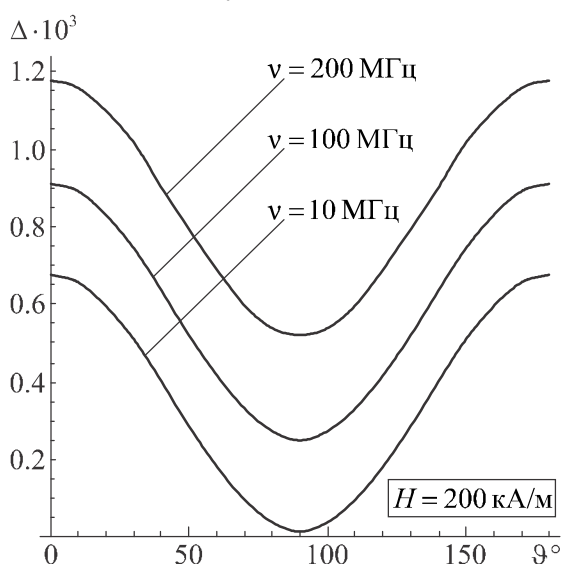


Рисунок 1 - Анизотропия скорости звука в магнитной жидкости на основе керосина при $\varphi = 0.05$, $T = 293\text{K}$.

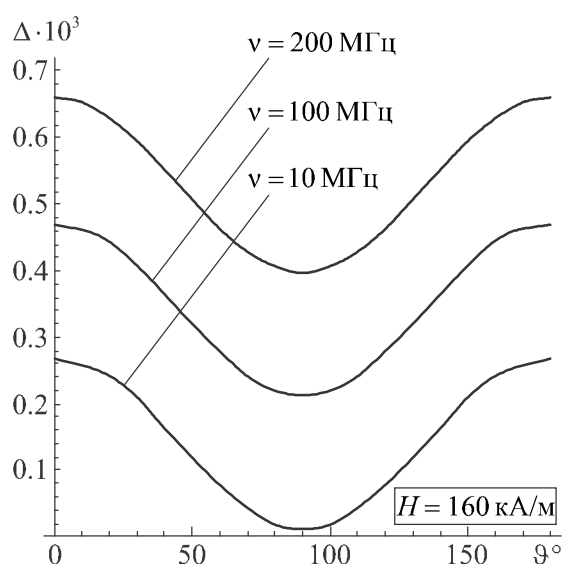


Рисунок 2 - Анизотропия скорости звука в магнитной жидкости на основе воды при $\varphi = 0.039$, $T = 293\text{K}$.

Согласно [4], в магнитной жидкости на основе воды при $\vartheta = 0^\circ$, $\varphi = 0.039$ и $H = 160\text{ kA/m}$ в случае вмороженной намагниченности относительное изменение скорости звука составляет $\Delta = 1.3 \cdot 10^{-3}$. При этих же значениях концентрации, величины внешнего магнитного поля и частоты $\nu = 10\text{ MHz}$ относительное изменение скорости звука, вычисленное по формуле (4), составило $\Delta = 1.3 \cdot 10^{-3}$. Таким образом можно заключить, что исследование распространения магнитозвуковых волн в магнитных жидкостях на основе метода кинетической теории дает удовлетворительный результат, хорошо согласующееся с литературными данными.

Список литературы

1. Jozefczak A., Hornowski T., Zavisova V., Skumiel A., Kubovcikova M., Timko M. Acoustic wave in a suspension of magnetic nanoparticle with sodium oleate coating // J. Nanopart. Res., 2014. №. 16. P. 2271(1–15).
2. Полунин В.М. Акустические свойства нанодисперсных магнитных жидкостей. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 384 с.
3. Зарифзода А.К. О процессах распространения звуковых волн в магнитных жидкостях // Известия вузов. Физика, 2023. Т. 66. № 5. С. 34–44.
4. Овчинников И.Э. Волны в магнитных жидкостях с равновесной и вмороженной намагниченностью // Акустический журнал, 2013. Т. 59. № 1. С. 58-62.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ4.5 СО СВИНЦОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

И. Н. Ганиев¹, Ф. Холмуродов², А. Г. Сафаров², Ф.Р. Одинаев²

¹*Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана, Адрес: Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/2, E-mail: ganievizatullo48@gmail.com*

²*Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана, Адрес: Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе, проспект Айни 299/1.*

Теплоемкость представляет собой одно из важнейших физических свойств твердых тел, характеризующее изменение состояния вещества с температурой. Изучение теплоемкости является одним из основных методов исследования структурных и фазовых превращений в сплавах.

В литературе имеется мало работ по исследованию теплоемкости чистых металлов. Более простым и приемлемым методом измерения теплоемкости считается метод сравнения скоростей охлаждения двух образцов, исследуемого и эталонного, по закону охлаждения Ньютона – Рихмана [1-4].

В данной работе исследовали температурную зависимость теплоемкости алюминиевого сплава АЖ4.5 легированного со свинцом с использованием установки для определения теплоемкости твердых тел в режиме «охлаждения».

Для определения удельной теплоемкости алюминиевого сплава АЖ4.5, легированного свинцом, использовали формулу:

$$C_{P_2}^0 = C_{P_1}^0 \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}, \quad (1)$$

где $m_1 = \rho_1 V_1$ – масса первого образца, $m_2 = \rho_2 V_2$ – масса второго образца,

$\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1, \left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2$ – скорости охлаждения образцов из эталона и изучаемого сплава при данной температуре.

Температурная зависимость удельной теплоёмкости алюминиевого сплава АЖ4.5 со свинцом описывается четырехчленным уравнением:

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (2)$$

Значения коэффициентов уравнения (2) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов a, b, c, d уравнения (2) для эталона и алюминиевого сплава АЖ4.5, легированного свинцом и эталона (Cu марки М00)

Содержание свинца в сплаве, мас. %	a , Дж/(кг·К)	b , Дж/(кг·К ²)	$c \cdot 10^{-3}$, Дж/(кг·К ³)	$d \cdot 10^{-7}$, Дж/(кг·К ⁴)	Коэффициент корреляции R,
0.0	669.9055	1.0091	-1.27	9.09	0.999
0.05	669.9375	1.0087	-1.27	9.08	0.999
0.1	669.6963	1.0082	-1.27	9.08	0.999
0.5	667.8395	1.0044	-1.27	9.04	0.999
1.0	664.6035	0,9997	-1.26	8.99	0.999
Эталон	324.4543	0.28	0.287	142	1.00

Результаты эксперимента и расчетов температурной зависимости удельной теплоемкости эталона (Cu) и алюминиевого сплава АЖ4.5, легированного свинцом, по уравнению (2) приведены на рисунке 1 и в таблице 2. Как видно из рисунка 1, в исследованном температурном интервале с ростом температуры теплоемкость алюминиевого сплава АЖ4.5 со свинцом растёт, а у меди изменяется незначительно.

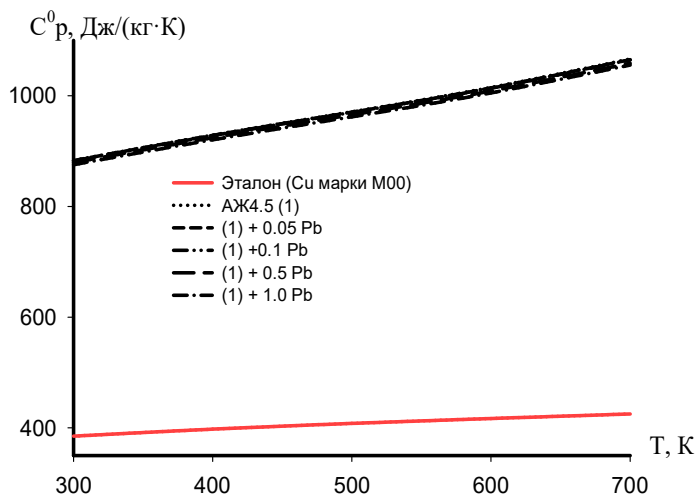


Рисунок 1 – Температурная зависимость удельной теплоёмкости (Дж/(кг·К)) алюминиевого сплава АЖ4.5 со свинцом и эталона (Cu марки М00).

Таблица 2 – Температурная зависимость удельной теплоёмкости (Дж/(кг·К)) алюминиевого сплава АЖ4.5, легированного свинцом и эталона (Cu марки М00).

Содержание свинца в сплаве, мас.%	Т.К				
	300	400	500	600	700
0,0	883,14	928,88	971,03	1015,05	1066,39
0.05	882,76	928,33	970,29	1014,09	1065,17
0.1	882,37	927,89	969,80	1013,54	1064,58
0.5	879,27	924,26	965,54	1008,54	1058,69
1.0	875,38	920,42	961,83	1005,01	1055,35
Эталон	384,98	397,66	408,00	416,86	425,10

Анализ данных таблицы 2 по теплоёмкости исходного сплава со сплавами, легированного свинцом, показывает следующее. Рост теплоёмкости исходного алюминиевого сплава АЖ4.5 от 300 до 700 К составляет 12,72%. От содержания свинца рост теплоемкости составляет 1,03%. Согласно справочнику [5] рост теплоемкости в указанном температурном интервале составляет для алюминия – 25%, железа – 50%, меди – 12%. Таким образом, рост теплоемкости у алюминиевого сплава АЖ4.5 со свинцом во многом определяется влиянием железа на него.

Полученные полиномы температурных зависимостей теплоемкости для эталона (Cu марки М00) и алюминиевого сплава АЖ4.5, легированного свинцом, с коэффициентом корреляции $R_{кор.} = 0,999$, описывают их изменения. Показано, что с ростом температуры удельная теплоёмкость алюминиевого сплава АЖ4.5, легированного свинцом, увеличивается, а от добавки свинца уменьшается.

Литература

1. Иброхимов, Н.Ф., Ганиев, И.Н., Одинаев, Х.О., / Физикохимия сплава АМg2 с редкоземельными металлами, Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими.-Душанбе. 2016. – С.153.

2. Умаров, М.А., Ганиев, И.Н., / Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций свинца марки С2 // Известия Самарского научного центра РАН. - 2018. -Т. 20. -№ 1. -С. 23-29.
3. Азимов, Х.Х., Ганиев, И.Н., Амонов, И.Т., Ибрахимов, Н.Ф., / Влияние лития на теплоёмкость и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ2,18 // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. -2018. -Т. 16. - №1. -С. 37-44.
4. Зокиров, Ф.Ш., Ганиев, И.Н., Бердиев, А.Э., Ибрахимов, Н.Ф., / Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава АК12М2, легирующего стронцием // Известия Санкт-Петербургского государственного технического института (технологического университета). -2017. -№ 41 (67). -С. 22-26.
5. Зиновьев, В.Е., Теплофизические свойства металлов при высоких температурах / «Металлургия» 1989. -385 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА В АНТИМОНИДЕ ИНДИЯ

Нуров К.Б.

*Таджикский государственный педагогический Университет им. С.Айни,
г. Душанбе, Таджикистан, nurov-58@mail.ru*

На данное время основные теории жидкого состояния вещества построены для идеальных жидкостей со сферически симметричными, неполярными частицами. Из числа реальных веществ, которые близки по этим условиям, можно назвать инертные газы и жидкие металлы. Поэтому исследование физических свойств жидких металлов и сопоставление экспериментальных данных с теоретическими представлениями играет важную роль в дальнейшем развитии теории, что делает научную работу в этом направлении весьма актуальной.

Большое количество работ посвящено изучению вязкости, электропроводности жидких металлов, а также исследованию их структуры дифракционными методами. Важной характеристикой является и сжимаемость, которая может быть определена из экспериментальных данных о скорости звука. Зная этот параметр, мы можем определить коэффициент Пуассона, изотермическую сжимаемость и длинноволновые пределы структурных факторов, являющиеся мерой флуктуаций плотности и концентрации. К сожалению, подобных исследований пока опубликовано немного, что можно объяснить экспериментальными трудностями осуществления акустических экспериментов.

Согласно [1], в системе In-Sb образуется одно конгруэнтно плавящееся соединения InSb (51,48% Sb). Температура плавления соединения InSb по данным различных авторов составляет 803К. Антимонид индия (InSb) – кристаллическое бинарное неорганическое химическое соединение, состоящее из элементов индия и сурьмы. InSb является узко зонным полупроводником группы A^3B^5 с шириной запрещенной зоны 0,18 эВ при 300К и 0,24эВ при 0К; эффективная масса электронов проводимости $m_e = 0,013m_0$, дырок $m_p = 0,42 m_0$ (m_0 – масса свободного электрона); при 77К подвижность электронов $1,1 м^2/В с$, дырок $9,1 \cdot 10^{-3} м^2/В с$. Антимонид индия имеет вид темно- серого серебристого металла или порошка со стекловидным блеском. Когда подвергается воздействию температур свыше 773К, он начинает плавиться и разлагаться на составные части, освобождая сурьму и пары, состоящие из окислов сурьмы. Имеет кристаллическую структуру цинковой обманки с постоянной решетки 0,648нм.

Антимонид индия может быть выращен путем отверждения расплава или путем эпитаксии: жидкофазной или молекулярно-пучковой. Он также может быть выращен из

металлоорганических соединений. Монокристаллы выращивают по методу Чохральского в атмосфере инертного газа (Ar, He, N₂) или водорода, либо в вакууме. Получают антимонид индия сплавлением индия с сурьмой в кварцевом контейнере в вакууме при 1073-1123К. Очищают зонной плавкой в атмосфере водорода [2]. Установка и методика измерения скорости ультразвука подробно описаны в работе [3]. Функциональная блок-схема установки для исследования ультразвуковых свойств расплавов металлов и полупроводников представлена на рис. 1.

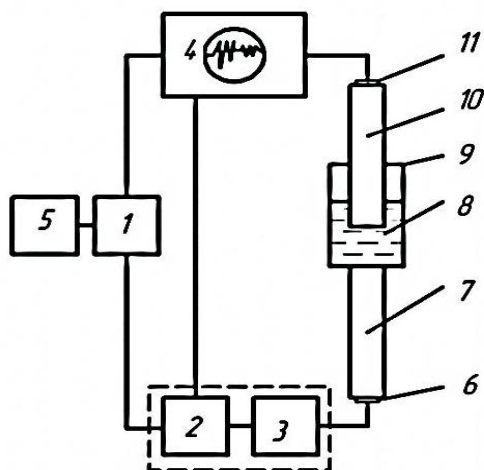


Рисунок 1 - Блок-схема установки для исследования ультразвуковых свойств расплавов металлов и полупроводников.

Высокочастотный электрический сигнал с генератора синусоидальных сигналов (Г4-102А) 1 поступает на устройство 2, где из непрерывных синусоидальных колебаний формируются прямоугольные импульсы с высокочастотным заполнением определенной длительности и частоты следования. Возрастание импульсов осуществляется с помощью усилителя 3. Они поступают на излучающий пьезоэлемент 6 и, преобразованные в упругие колебания в виде ультразвуковых волн, проходят через нижний звукопровод 7 в расплав 8, размещающийся в контейнере 9. Далее сигналы упругих волн принимаются верхним звукопроводом 10 и вновь преобразовываются в электрические колебания приемным пьезоэлементом 11. После этого электрический сигнал поступает на один из входов осциллографа (С1-70) 4 с дифференциальным блоком усиления. На второй вход осциллографа подается непрерывный сигнал той же частоты от задающего генератора 1. В дифференциальном блоке усиления происходит суммирование этих сигналов, что позволяет наблюдать их интерференцию при изменении фазы в импульсном сигнале, которое осуществляется перемещением верхнего звукопровода относительно нижнего на кратное число длин волн ультразвука в расплаве. Частота измеряется электронным частотомером 5 (ЧЗ-34А).

В работе использовали индий и сурьму чистотой не хуже 99,9999 ат. % основных компонентов.

Исследования проводили в интервале температур от $T_{пл.}$ до 1073-1123К в атмосфере высокочистого аргона. Ячейка для помещения образца и волновода изготавливались из плавящего кварца. В качестве пьезоэлемента использовались пластины из керамики ЦТС (цирконат-титаната-свинца) диаметром 12мм с резонансной частотой 3,7 МГц. Температура измерялась предварительно отградуированной хромель-алюмелевой термопарой. Погрешность измерения скорости распространения ультразвука не выше 0,1%. Для получения более однородного состава образцы закачивали в холодной воде.

Случайный разброс экспериментальных точек при фиксированной температуре не превышал $-1,5\text{ м/с}$. Приготовлено и измерено не менее трех образцов InSb. Результаты по трем образцам усредняли и на основании экспериментальных данных строили политерму скорости распространения ультразвука.

Результаты измерения скорости распространения ультразвука в InSb приведены на рис. 2.

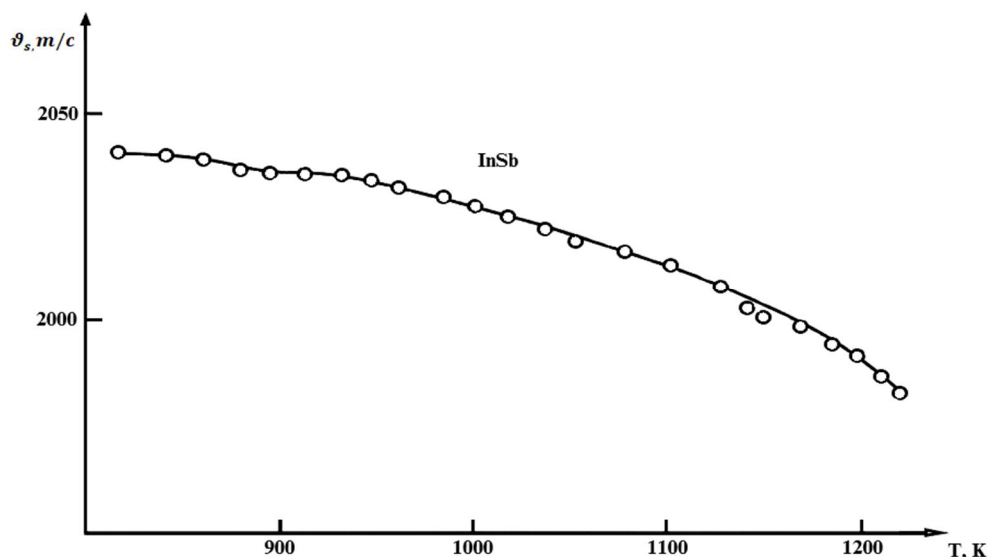


Рисунок 2 - Результаты измерения скорости распространения ультразвука в индийе.

Список использованных источников

1. Яценко С.П. Индий. Свойства и применение / С.П. Яценко// М.: Наука.1987. 256с.
2. Баротов Н.И. Исследование физико-химических параметров легированных полупроводниковых материалов на основе индийеидия /Н.И. Баротов // Дисс. канд.хим.наук. Душанбе. ТНУ. 2022.138с.
3. Нуров К.Б. Акустическое исследование расслаивания полупроводниковых и металлических систем./ К.Б.Нуров // Дисс. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук. Москва.1989. 168с.

ВЛИЯНИЕ БАРИЯ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ СВИНЦОВОГО БАББИТА Б ($\text{PbSb}_{15}\text{Sn}_{10}$)

Ганиев И.Н., Одинаев А.Х., Ходжаев Ф.К., Ходжаназаров Х.М.

Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими

Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ

E-mail: ganiev48@mail.ru

Баббиты получили широкое распространение во многих областях машиностроения. Их положительные свойства позволяют решать сложные инженерно-технические задачи. Свойства металлов позволяют передавать тепло от одного предмета другому, с определенными изменениями, в зависимости от структуры и размера металлической конструкции.

Для возникновения теплового потока, т.е. процесса теплоотдачи между различными областями пространства необходимо и достаточно, чтобы в этих областях имели место

неодинаковые температуры. При этом тепловой поток направлен в сторону меньших температур [1].

Коэффициент теплоотдачи металлов – один из параметров, определяющих их эксплуатационные возможности. Определение коэффициента теплоотдачи металлов играет важную роль в некоторых областях, например, в металлургии, радиотехнике, машиностроении. В настоящее время существует множество различных методов, с помощью которых можно определить коэффициент теплоотдачи металлов [2, 3].

Цель настоящей работы является изучение влияния добавки бария на теплофизические свойства и термодинамические функции свинцового баббита Б ($\text{PbSb}_{15}\text{Sn}_{10}$), по известной удельной теплоемкости эталонного образца из свинца марки С00. Подобные сведения пополняют страницы соответствующих справочников и являются ценной информацией при выборе материала конструкций из баббитов.

Одним из методов, позволяющий корректно установить температурную зависимость теплоемкости металлов и сплавов в области высоких температур, является метод сравнения скоростей охлаждения двух образцов, исследуемого и эталонного, по закону охлаждения Ньютона – Рихмана.

При охлаждении в равных условиях скорости охлаждения образцов из разных материалов соотносятся обратно пропорционально их теплоемкостям, а теплота кристаллизации пропорциональна времени кристаллизации. Для калибровки и перехода к абсолютным значениям теплоемкостей и теплоты плавления используется эталонный образец из материала известной теплоемкости.

Если взять два металлических стержня определенной формы, то, сравнивая кривые охлаждения этих образцов, один из которых служит эталоном (его теплоемкость и скорость охлаждения должны быть известны), можно определить теплоемкость другого, определив скорость его охлаждения.

Зная массы образцов m_1 и m_2 , скорости их охлаждения и удельную теплоемкость эталона $C_{p_1}^0$, можно вычислить теплоемкость исследуемого образца $C_{p_2}^0$ по:

$$C_{p_2}^0 = C_{p_1}^0 \cdot \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{dt}\right)_1}{\left(\frac{dT}{dt}\right)_2}, \quad (1)$$

где $m_1 = \rho_1 V_1$ – масса образца из эталона;

$m_2 = \rho_2 V_2$ – масса исследуемого образца.

$\left(\frac{dT}{dt}\right)_1, \left(\frac{dT}{dt}\right)_2$ – скорости охлаждения образцов из эталона и исследуемых сплавов при данной температуре.

Правомочность использования данного уравнения для определения теплоемкости твердых тел представлен в работах [4-6].

Для определения скорости охлаждения строят кривые охлаждения исследуемых образцов. Кривая охлаждения представляет собой зависимость температуры образца от времени при охлаждении его в неподвижном воздухе.

Экспериментально полученные кривые охлаждения образцов из свинцового баббита Б ($\text{PbSb}_{15}\text{Sn}_{10}$) с барием представлены на рис. 1. Шаг измерения температуры составил 0.1 К. Относительная ошибка измерения температуры в интервале от 313 К до 673 К составляла $\pm 1.0\%$, а в интервале более 673 К $\pm 2.5\%$. Погрешность измерения теплоемкости по предлагаемой методике не превышает 4%. В нашем случае погрешность не превышал 1%.

Вся обработка результатов производилась по программе MS Excel и графики строились с помощью программы Sigma Plot 10.0. Коэффициент корреляции составил не менее 0.999.

Полученные кривые охлаждения образцов из вышеуказанных сплавов (рис. 1а) описываются уравнением вида:

$$T = ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau}, \quad (2)$$

где a, b, p, k – постоянные для данного образца, τ – время охлаждения.

Дифференцируя уравнение (2) по τ , получаем уравнение для определения скорости охлаждения образцов из сплавов:

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов a, b, p, k, ab, pk в уравнении (3) для исследованных образцов приведены в таблице 1. Кривые зависимости скорости охлаждения от температуры для образцов из свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), легированного барием представлены на рис. 1б.

Таблица 1

Значения коэффициентов a, b, p, k, ab, pk в уравнении (3) для свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с барием и эталона (Pb марки С00).

Содержание бария в баббите, мас.%	a, K	$b \cdot 10^{-2}, c^{-1}$	p, K	$k \cdot 10^{-4}, c^{-1}$	ab, Kc^{-1}	$pk \cdot 10^{-3}, Kc^{-1}$
0.0	264.43	8.87	309.67	2.77	2.34	8.59
0.01	264.44	8.87	325.88	2.64	2.35	8.59
0.1	264.44	8.87	327.28	2.63	2.35	8.59
0.5	264.44	8.87	327.17	2.62	2.35	8.59
1.0	264.42	8.87	328.17	2.62	2.35	8.59
Эталон	264.43	8.87	308.67	2.78	2.34	8.59

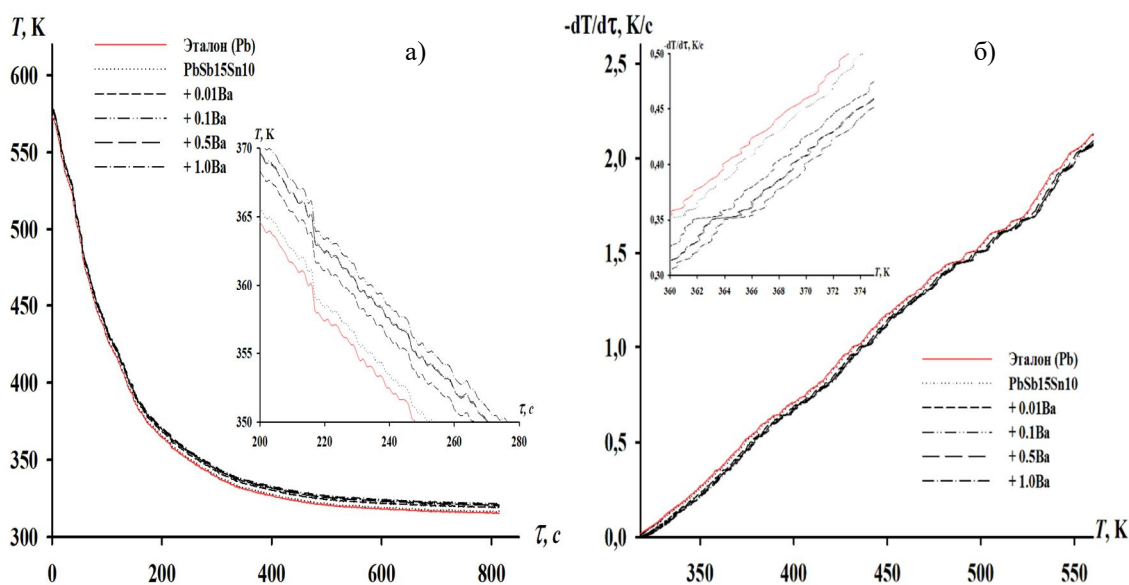


Рисунок 1. График зависимости температуры от времени охлаждения (а) и скорости охлаждения от температуры (б) для образцов из свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), легированного барием и эталона (Pb марки С00).

Далее по рассчитанным значениям величин скоростей охлаждения образцов из сплавов по уравнению (1) была вычислена удельная теплоёмкость свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с барием. Затем проведя полиномиальную регрессию получили следующую общую уравнению для описания температурной зависимости теплоемкости сплавов:

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (4)$$

Значения коэффициентов уравнения (4) для свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), легированного барием, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов a , b , c , d в уравнении (4) для свинцового баббита Б(PbSb15Sn10), легированного барием и эталона (Pb марки С00).

Содержание бария в баббите, мас.%	a , Дж/(кг·К)	b , Дж/(кг·К ²)	$c \cdot 10^{-3}$, Дж/(кг·К ³)	$d \cdot 10^{-5}$, Дж/(кг·К ⁴)	Коэффициент корреляции R ²
0.0	150.57	-0.08	3.65	-2.97	0.999
0.01	150.49	-0.08	3.63	-2.95	0.999
0.1	149.50	-0.07	3.50	-2.88	0.999
0.5	145.17	-0.04	2.90	-2.47	0.999
1.0	139.74	-0.01	2.15	-1.97	0.999
Эталон	105.60	0.09	0.08	0.05	1.0

Результаты расчёта температурной зависимости теплоемкости баббита Б(PbSb15Sn10) с барием по формулам (1) и (4) через 50 К представлен на рис. 2а. Как видно с ростом температуры и содержание бария теплоемкость исходного сплавов растёт. На рисунке 2б приведены результаты расчета коэффициента теплоотдачи свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с барием, в зависимости от температуры. Добавка бария и температура увеличивают коэффициент теплоотдачи баббита Б(PbSb15Sn10).

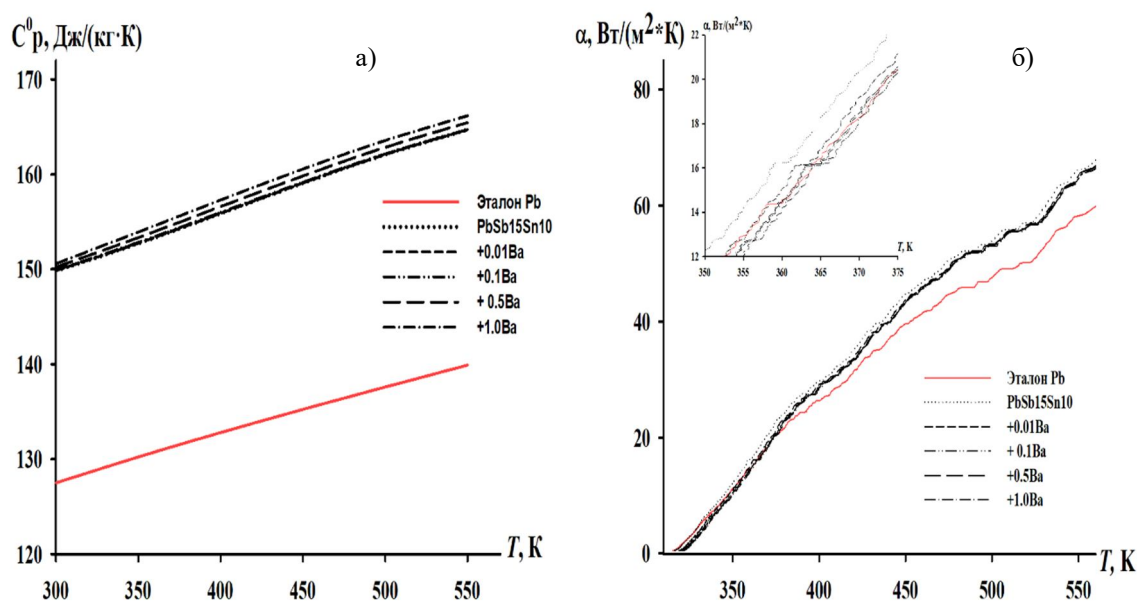


Рисунок 2. Температурная зависимость теплоемкости (а) и коэффициента теплоотдачи (б) свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с барием и эталона (Pb марки С00).

Таким образом, в режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из свинца (марки С00) установлена коэффициент теплоотдачи свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с барием. Показано, что с повышением температуры и содержания бария в сплаве коэффициент теплоотдачи увеличиваются.

Выводы

1. Получены полиномы температурной зависимости теплоемкости и изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия и энергия Гиббса) для свинцового баббита

Б(PbSb15Sn10) с барием, которые с коэффициентом корреляции $R^2_{\text{корр.}} = 0.999$ описывают их изменения.

2. С помощью полученных полином показывают, что температура и легирующий компонент (барий) в изученном концентрационном интервале (0.01 – 1.0 мас. %) увеличивает теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпию и энтропию исходного сплава Б(PbSb15Sn10). При этом значение энергии Гиббса сплавов уменьшается.

3. Установленные теплофизические и термодинамические характеристики свинцового баббита Б(PbSb15Sn10) с барием пополняют страницы соответствующих справочников и могут использоваться при проектировании изделий из них.

Список литературы

1. Бешевли О.Б., Дуюн Т.А. Особенности теплового состояния баббитов при механической обработке // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №2 (85). – С. 75-81.
2. Jauch U., Karcher V., Schulz B. Thermophysical properties in the system Li-Pb // Kernforschungszentrum Karlsruhe Report 4144. 1986. – 82 p.
3. Менлиев Ш., Гуллыева А., Спиридонов А. Определение теплоемкости металлов методами нагрева и охлаждения // Сборник научных трудов студентов. Элиста, 2020. – С. 119-121.
4. Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Обидов Ф.У., Иброхимов Н.Ф. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплавов системы Pb-Sa // Теплофизика высоких температур. 2014. Т.52. №1. – С. 147-150.
5. Ganiev I.N., Khodjanazarov K.M., Khodzhaev F.K., Eshov B.B. Temperature dependence of the heat capacity and changes in the thermodynamic functions of Bli (PbSb15Sn10Li) lead babbitt doped with lithium // Metallurg. Scientific, technical and industrial journal. – M.: Metallurgizdat, 2023. – Nos. 1-2. – P. 240-248.
6. Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Ходжаев Ф.К., Эшов Б.Б. Теплоемкость и термодинамические функции свинцового баббита БНа (PbSb15Sn10Na), легированного натрием // Журнал физической химии. – М.: РАН, 2023. Т.97. №4. – С. 469-475.

АНАЛИЗ РАСЧЁТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЦИОНАРНОЙ ВОЛНЫ ГОРЕНИЯ ВОДОРОДОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ИНЕРТНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

¹Кабиллов М.М., ¹Гулбоев Б.Дж., ²Гулбоев Ф.Дж.

¹Российско-Таджикский (Славянский) университет, Душанбе, Таджикистан

²Таджикский национальный университет, Душанбе Таджикистан

E-mail: bakhtiyor-2012@mail.ru

Модельная система, описывающая распространение стационарной волны фильтрационного горения газа (ФГГ) состоит из уравнения сохранения энергии (пористой среды и смеси газов), массы (недостающего компонента газовой смеси) и состояния газа в предположении постоянства давления, записанные в подвижной системе координат $x = l - Ut + const$ и рассматриваемое на бесконечном интервале времени ($t \rightarrow \infty$) [1-5]

$$\begin{aligned} \rho_{10} c_p (v_{10} - U) \frac{dT_1}{dx} &= \frac{d}{dx} \left(\alpha_1 \lambda_1 \frac{dT_1}{dx} \right) - \alpha_c S_c (T_1 - T_2) + \rho_1 Q J, \\ -\rho_2 c_2 U \frac{dT_2}{dx} &= \frac{d}{dx} \left(\alpha_2 \lambda_2 \frac{dT_2}{dx} \right) + \alpha_c S_c (T_1 - T_2), \quad \alpha_c = \frac{Nu \cdot \lambda_1}{d_{eff}}, \quad S_c = \frac{6\alpha_2}{d}, \\ \rho_{10} (v_{10} - U) \frac{dn}{dx} &= \frac{d}{dx} \left(\rho_1 D \frac{dn}{dx} \right) - \rho_1 J, \quad J = n k_0 \exp(-E / RT_1), \quad \rho_1 T_1 = \rho_{10} T_0, \\ Nu &= 0.395 Re^{0.64} Pr^{1/3}, \quad Re = \frac{v_1 d_{eff} \rho_1}{\mu_1 \alpha_1}, \quad Pr = \frac{c_p \mu_1}{\lambda_1}, \quad d_{eff} = \frac{2\alpha_1 d}{3\alpha_2}, \end{aligned} \quad (1)$$

с граничными условиями

$$\begin{aligned}
 x = -\infty : \quad T_1 = T_0, \quad T_2 = T_0, \quad n = 1, \\
 x = +\infty : \quad \frac{dT_1}{dx} = 0, \quad \frac{dT_2}{dx} = 0, \quad \frac{dn}{dx} = 0.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Здесь T_1, T_2 , - температуры газовой и твёрдой фаз соответственно; n - массовая концентрация недостающего компонента газовой смеси; u_{10} - скорость вдува газа в пористый блок; U - скорость волны, неизвестная константа; ρ_1, c_p - приведённая плотность и теплоёмкость смеси газов соответственно; ρ_2, c_2 - те же величины для пористой среды; λ_1, λ_2 - коэффициенты теплопроводности газа и пористой среды; α_1, α_2 - объёмные содержания газа и пористой среды; s_c - удельная поверхность пористой среды; α_c - коэффициент межфазного поверхностного теплообмена, Q - тепловой эффект реакции; J - скорость химической реакции; E - энергия активации; R - универсальная газовая постоянная; k_0 - предэкспонент; T_0 - температура внешней среды; ρ_{10} - приведённая плотность исходной смеси газов; D - коэффициент диффузии недостающего компонента смеси.

Система дифференциальных уравнений (1) с краевыми условиями (2) замкнутая, поскольку для определения пяти неизвестных параметров (T_1, T_2, n, J, ρ_1) имеем пять уравнений. Значения коэффициентов системы (1) определяются в соответствии с работой [1]. Собственное число системы (1) это неизвестная скорость волны U , определяется методом пристрелки, то есть выбранное значение скорости волны U должно удовлетворят условиям выхода кривых температур из одной особой точки ($T_1 = T_0, T_2 = T_0, n = 1$) и входа в другую особую точку ($dT_1/dx = 0, dT_2/dx = 0, dn/dx = 0$), что и продемонстрировано в одном из вариантов (рис.1). На рис.1 приведены кривые значения температур фаз (кривая 1 это распределение температуры газа, кр.2- температура пористой среды) от безразмерной продольной координаты. Шаг интегрирования равно $2 \cdot 10^{-6}$, значения температур фаз выводятся на рис.1 через каждые 2000 шагов, при этом характерный размер реального устройства равно 10 см. Следовательно, по многочисленным реализованным вариантам расчёта распределения температур фаз, подобным рис.1, можно провести анализ характеристик структуры стационарной волны. Такими параметрами являются координаты и значения характерных температур (прогрева, максимальная, равновесная), толщины зон прогрева, горения и внутренней релаксации. Для более точного установления значения максимальной температуры газа в зоне горения и её координаты, проводился повторные расчёты, где количество пропускаемых шагов для вывода на печать значения температур фаз уменьшался.

Отметим, что расчёты проводились для составов смеси от 29% водорода в смеси до 80%, скорости вдува смеси в пористый блок от 0,5 м/с до 5 м/с, диаметра частиц пористой среды от 1мм до 6мм.

На рис. 2 приводятся расчётные кривые зависимости скорости волны от скорости вдува для составов смеси 55%Н₂ и 65%Н₂ и трёх диаметров частиц пористой среды (1мм, 3мм, 5мм). Отрицательные значения скорости волны соответствуют встречному распространению волны по отношению к потоку вдуваемой смеси. В целом наблюдается уменьшение скорости волны с увеличением водорода в смеси (от 29% до 80%) и диаметра частиц (от 1 мм до 6мм) для каждой фиксированной скорости вдува. При этом кривые зависимости скорости волны от скорости вдува имеет минимума только в случае 55 и 65%

водорода в смеси и при относительно больших диаметрах частиц (3 и 5 мм). В остальных случаях скорость волны растёт по мере увеличения скорости вдува.

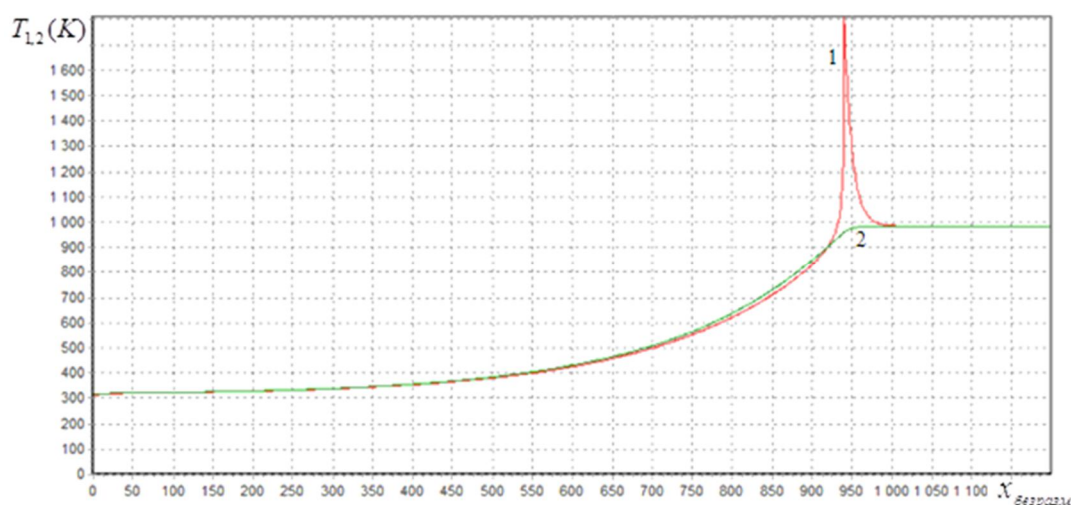


Рисунок 1 - Кривые значения температур газа (1) и пористой среды (2) от безразмерной координаты. Состав смеси 65%Н₂+воздух, скорость вдува $v_{10}=0,2\text{ м/с}$, диаметр частиц пористой среды $d = 1\text{ мм}$.

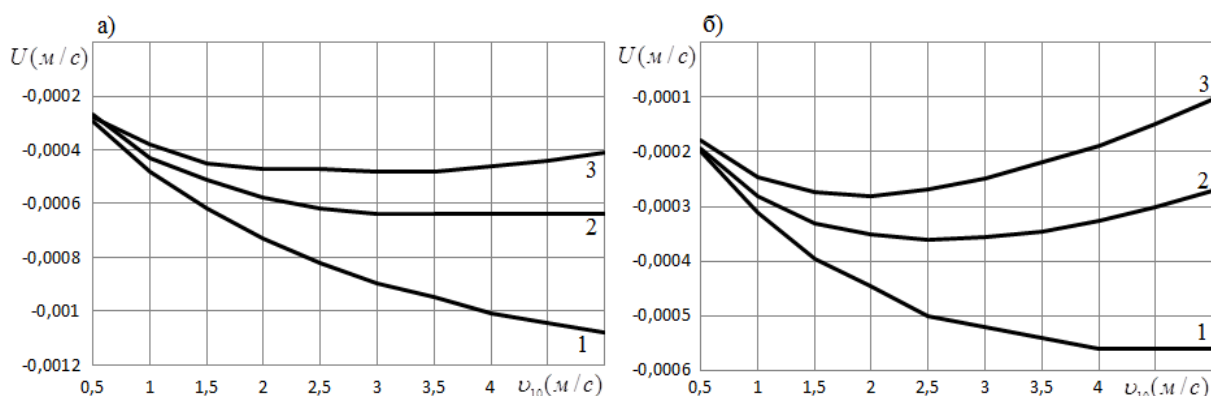


Рисунок 2 - Кривые зависимости скорости волны от скорости вдува при 55% (а) и 65% (б) водорода в смеси и диаметра частиц: 1 – 1 мм, 2 – 3 мм, 3 – 5 мм

Как было отмечено выше расчётные значения температур выводились на печать через каждые 2000 точек, поскольку в зонах прогрева и внутренней релаксации градиент температуры газовой фазы относительно мал в сравнении с градиентом температуры в зоне горения. Плавные изменения профили температур пористой среды и газа на рис.1 этому подтверждения. Однако, в зоне горения, где градиент температур относительно большой, пропуск 2000 точек привело бы к не точному определению значений максимальной температуры газа. В связи с этим после выбора скорости волны с пропуском 2000 точек, что очень эффективно, заново произвели расчёт профили температур с пропуском 50 точек и обнаружили другие значения максимальной температуры (относительно большие). Анализируя изменения максимальной температуры газа от расчёта к расчёту, приходим к выводу, что в пределах изменения скорости вдува (расхода смеси) максимальная температура увеличивается по мере уменьшения доли водорода в смеси.

Не мало важным в исследовании структуры волны фильтрационного горения газов является определение координаты равенства температур фаз и максимальной температуры газовой фазы. Проведённый анализ многочисленных распределений температур фаз по всевозможным рисункам показывает, что с возрастанием скорости вдува эти координаты

смешаются в сторону начала координат, а с увеличением диаметра частиц, наоборот отдаляются. Такая тенденция наблюдается во всех рассмотренных составах водородовоздушной смеси. Кроме того, замечено что, чем больше концентрация водорода в смеси, тем дальше расположены координаты равенства температур фаз и максимальной температуры от начала координат. Отметим, что ширина участки прогрева принято считать расстояние [2], где безразмерная температура, e – раз увеличивается от начальной температуры T_0 (e - основание натурального логарифма). В наших расчётах под толщиной зоны прогрева условно принято расстояние от начало координат до координаты точки равенство температур пористой среды и газа перед зоной горения.

На толщину зоны горения скорость вдува и диаметр частиц влияют не существенно. При их варьировании, в пределах изменения, толщина колеблется от 0,3 до 0,4 мм. За исключением двух случаев, когда толщина зоны горения достаточно узкая – 0,28 мм (55% водорода в смеси и 4,5 м/с скорость вдува) и достаточно широкая – 0,72 мм (65% водорода в смеси и 2 м/с скорость вдува). Отметим, что при предельно высоких концентрациях водорода в смеси (80%) и относительно малых диаметрах частиц (1 мм) толщина зоны горения растягивается до 2 мм при скоростях вдува 0,5 – 1 м/с.

При 29% водорода в смеси с увеличением скорости вдува толщина зоны релаксации изменяется незначительно: от 1 мм до 1,4 мм для $d = 1$ мм и до 3 мм для $d = 6$ мм. Влияния скорости вдува на толщину зоны релаксации наблюдается при увеличении концентрации водорода в смеси. Так, например, для 65% водорода в смеси с увеличением скорости вдува от 1,5 м/с до 5 м/с, толщина изменяется в пределах от 2,16 мм до 3,32 мм для $d = 5$ мм. Кроме того увеличение диаметра частиц приводит к расширению зоны релаксации для всех рассмотренных процентных составов водорода в смеси.

Список литературы

1. Лаевский Ю.М., Бабкин В.С., Дробышев В.И., Потытняков С.И. К теории фильтрационного горения газов // Физика горения и взрыва, 1984, Т.20, №6, 3-13
2. Лаевский Ю.М., Бабкин В.С. //Фильтрационное горение газов // В сб. Распространение тепловых волн в гетерогенных средах. Новосибирск. 1988, 108-145
3. Вайнштейн П.Б., Кабилов М.М. К теории фильтрационного горения газов в пористых средах // Известия АН Таджикской ССР. Отделение физ.мат. и хим.-геол.наук, 1992, №3, 55-59
4. Доброго К.В., Жданок С.А. Физика фильтрационного горения газов // 2002. 203 с.
5. Какуткина Н.А., Коржавин А.А., Мбрава М. Особенности фильтрационного горения водородо-, пропано- и метановоздушных смесей в инертных пористых средах // Физика горения и взрыва, 2006, Т.42, №4, 8-20

АКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ НАГРЕВЕ РАСПЛАВОВ ГЕРМАНИЯ И КРЕМНИЯ

Нуров К.Б.

*Таджикский государственный педагогический Университет им. С.Айни. г.Душанбе,
Таджикистан. nurov-58@mail.ru*

С целью изучения температурных и концентрационных зависимостей, как правило, используются методики анализа теплопроводность, магнитной восприимчивости, кинематической вязкости, поверхностного натяжения, термо-э.д.с., плотности, отличающихся высокой чувствительности к структурным изменениям при плавлении и дальнейшем нагреве.

Однако результаты исследований выше указанных методов, не дают однозначной или прямой информации о структурных дефектах в расплавах металлов и полупроводников.

Хотя дифракционные методы являются методами прямого изучения структуры, тем не менее, и они не дают прямой информации о микронеоднородности расплавов металлов и полупроводников. Побочные максимумы или наплывы на кривой интенсивности рассеянного рентгеновского излучения свидетельствуют лишь о том, что возможно наличие суперпозиции двух структур. Обработка экспериментальных рентгеновских данных нуждается в известных допущениях [1-2], в связи с чем информация о микронеоднородности или о кластерах является вторичной. При этом надо иметь в виду, что рентгеновские измерения в высокотемпературных и химически агрессивных расплавах достаточно сложны, а иногда и не реализуемые. Помимо того, что нет прямой первичной информации о существовании микронеоднородности или кластеров, остается также неясным и характер их изменения при тепловом и химическом взаимодействиях. Не ясно, как изменяются размеры, характер межатомной связи и т.д. С этой целью в настоящей работе показываем, что скорость распространения ультразвука как свойство, чувствительные к атомной структуре и микронеоднородности на основе акустических экспериментов с расплавами металлов и полупроводников и исследовать строению расплавов.

В настоящее время акустические исследования является мощным средством для получения информации о существовании микронеоднородности в расплавах металлов и полупроводников. В конденсированных средах упругий импульс распространяется от атома к атому через межатомные связи, и поэтому изменение последних существенно отражается на скорости его распространения. Следовательно, скорость распространения ультразвука является тонкой характеристикой, чувствительной к изменениям характера химической связи.

В связи с этим нами проведены тщательного исследования температурной зависимости скорости распространения ультразвука в расплаве германия и кремния.

Германий — вещество серебристого цвета с металлическим блеском. Кристаллическая решетка устойчивой модификации (Ge I), кубическая, гранцентрированная типа алмаза, $a = 0,533$ нм (при высоких давлениях получены три другие модификации).

Плотность твердого германия $5,327$ г/см³ (25°C); жидкого $5,557$ (1000°C); $t_{\text{пл}} - 937,5$ °C; $t_{\text{кип}} -$ около 2700°C ; коэффициент теплопроводности ~ 60 Вт/(м (К), или $0,14$ кал/(см (сек (град) при 25°C . Даже весьма чистый германий хрупок при обычной температуре, но выше 550°C поддается пластической деформации. Твердость германия по минералогической шкале $6-6,5$; коэффициент сжимаемости (в интервале давлений $0-120$ Гн/м² или $0-12000$ кгс/мм²) $1,4 \cdot 10^{-7}$ м²/мн ($1,4 \cdot 10^{-6}$ см²/кгс); поверхностное натяжение $0,6$ н/м (600 дин/см).

Германий — типичный полупроводник с шириной запрещенной зоны $1,104 \cdot 10^{-19}$, или $0,69$ эВ (25°C); удельное электросопротивление германия высокой чистоты $0,60$ ом (м (60 ом (см) при 25°C ; подвижность электронов 3900 и подвижность дырок 1900 см²/в. сек (25°C) (при содержании примесей менее $10-8\%$).

Известно, что высокотемпературные и низкотемпературные акустические измерения в экспериментальном плане наталкивается на значительные трудности [3]. Это связано с необходимостью ввода промежуточных химически инертных волноводов в зону низких и высоких температур, с проблемой получения акустического контакта между

исследуемыми расплавами и применяемыми волноводами. Автору [4] удалось, во-первых, создать совершенную электронную аппаратуру, во-вторых, решать проблемы связанные с получением надежного акустического контакта между расплавом и звукопроводом.

Разработанная нами методика можно использовать для исследования скорости ультразвука в расплавах металлов и полупроводников, области расслаивания и изучения области микронеоднородности металлических и полупроводниковых расплавов. Данная методика является модификацией [4], для более высокотемпературных расплавов металлов и полупроводников до 2300К [5].

Использовались волноводы из плавленого кварца с нанесенными тонкими слоями борного ангидрида (B_2O_3). При методе получения акустического контакта посредством промежуточных слоев из борного ангидрида во всех случаях выходной сигнал был устойчивым, и уровень его позволял проводить надежные и прецизионные измерения. Тепловая часть установки построена путем модернизации, позволившей проводить измерения импульсно-фазовым методом на проходящей волне. Новая конструкция холодильников позволила более эффективное охлаждение холодных концов волноводов с пьезоэлементами - ЦТС-(цирконат – титаната - свинца).



Рисунок 1 - Температурная зависимость скорости ультразвука в расплаве германия.

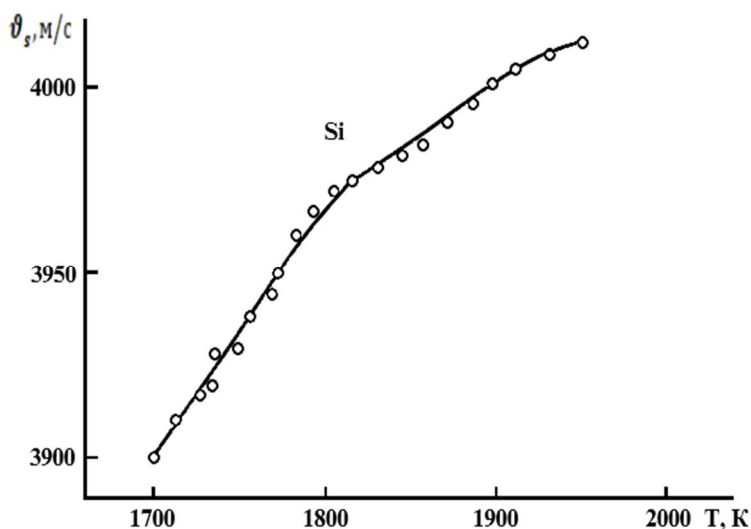


Рисунок 2 - Температурная зависимость скорости ультразвука в расплаве кремния

Измерения проводились в интервале частот 2-3мгц. Относительное перемещение волноводов составляло 1,5-2 мм при акустической базе 10-15 мм. При такой акустической базе погрешности, обусловленные дифракционными явлениями, сводились до пренебрежимой величины. По всей длине расплава выдерживались изотермическая зона. Погрешность десяти измерений при фиксированной температуре не превышала 1,5 м/с. Эксперименты проводились на пяти образцах разных плавок. Результаты воспроизводились с точностью 0,1%. Вещества брались чистотой марки ГПЗ-1. При каждой температуре расплав выдерживался перед измерением, в течение 20 мин.

На рис. 1 представлено политерма скорости распространения ультразвука в расплаве германия. Как видно по рисунку скорость звука имеет сложный характер. Во всех случаях осцилляции скорости ультразвука по температуре воспроизводились, но со смещениями по температуре до 5К. Результаты по нагреву и охлаждению повторялись. Частотной дисперсии скорости ультразвука не наблюдалось.

Кремний – неметалл, однако при разных условиях может проявлять и кислотные, и основные свойства. Температура плавления–14170С, температура кипения – 26000С; плотность составляет 2,33 г/см³, что свидетельствует о хрупкости; теплоемкость, как и теплопроводность не постоянны даже на самых чистых пробах: 800 Дж/(кг·К), или 0,191 кал/(г·град) и 84-126 вт/(м·К),или 0,20-0,30 кал/(см·сек·град) соответственно;

Является типичным полупроводником и чрезвычайно широко используется в электротехнике. Физические и химические его свойства во многом определяются аллотропным состоянием. Чаще всего дело имеют с кристаллической формой, поскольку ее качества более востребованы в народном хозяйстве.

Кремний – один из базовых макроэлементов в человеческом теле. Его нехватка губительно сказывается на состоянии костной ткани, волос, кожи, ногтей. Кроме того, кремний оказывает влияние на работоспособность иммунной системы.

В медицине элемент, вернее говоря, его соединения нашли свое первое применение именно в этом качестве. Вода из колодцев, выложенных кремнием, отличались не только чистотой, но и положительно сказывалась на стойкости к инфекционным болезням.

В целом неметалл малоактивен, однако и в чистом виде встретить его сложно. Это связано с тем, что на воздухе он быстро пассивируется слоем диоксида и перестает реагировать. При нагревании химическая активность увеличивается.

Как видно по рисунок 2, постепенное уменьшение крутизны роста, температурной зависимости скорости распространения ультразвука показывает, что интенсивность структурных изменений с температурой убывает. По нашему мнению, при температуре максимума поли термы скорости ультразвука, предполагаемого в области 2000К, структурные изменения завершается. Особенно четко это прослеживается на температурной зависимости адиабатической сжимаемости. Крутизна ее, изменяется более быстро и начиная уже с 1930К практический не зависит от температуры. Очевидно, в области 2000К можно ожидать возрастания ее с дальнейшим нагревом [6]. Таким образом, в результате исследование температурной зависимости скорости распространения звука в жидком кремнии установлено следующие:

- процесс перестройки структуры не заканчивается в точке плавления;
- структурные изменения продолжается при дальнейшем нагрева в интервале температур ~ 300К.

Литература

1. Славнова Г.К., Елисеев А.А. Рентгенографическое исследование сплавов индий-селен/Г.К. Славнова, А.А. Елисеев//Журнал Неорганическая Химия, --1963, Т.8, Вып. 7, С. 1654-1660.

2. Славнова Г.К., и др. Новые данные по диаграмме состояния системы индий-селен/Г.К. Славнова, Н.П. Лужная, З.С.Медведева// Журнал Неорганическая Химия- 1963, Т.8, Вып. 5, С. 1199-1203.
3. Гитис М.Б., Михайлов И.Г. Распространения звука в жидких металлах/ М.Б. Гитис, И.Г. Михайлов// Акустический журнал, 1966, Т.12,С. 145-159.
4. Глазов В.М., Ким С.Г. Исследование температурной зависимости скорости ультразвука в расплавах селенидов олова и свинца/ В.М.Глазов, С.Г.Ким// -ФТП, -1981, Т.15, С.2267-2269.
5. Глазов В.М. и др. Исследование расслаивания расплавов в системе Sb-Se акустическим методом/ В.М. Глазов, С.Г. Ким., К.Б. Нуров// Известия АН СССР, Неорганические материалы.- 1990.Т.26, №3, С.526-529.
6. Глазов В.М., и др. Исследование температурной зависимости скорости звука и сжимаемости в расплавленном кремнии./ В.М. Глазов, С.Г. Ким, К.Б. Нуров// Физика и техника полупроводников. 1989, Т.23, вып. 10, С.1834-1837.

СТРУКТУРА ВОЛНЫ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ ГАЗОВ ПРИ ОТВОДЕ ТЕПЛА ИЗ ЗОНЫ ГОРЕНИЯ

М.М. Кабилов, З.Б. Шерматова

Российско-Таджикский (Славянский) университет, Душанбе, Таджикистан

E-mail: maruf1960@mail.ru

В работе предпринята попытка описать структуры волны фильтрационного горения газов (ФГГ) в инертной пористой среде, посредством функции, являющиеся решением математической модели задачи распространения фронта горения [1-4]. Ниже приведены модельная система дифференциальных уравнений (1) и граничные условия (2) в безразмерных переменных и параметрах

$$\begin{aligned}
 \gamma_1 \frac{\partial \theta_1}{\partial \bar{\tau}} + \gamma_1 \left(1 - \frac{1}{u_0}\right) \frac{\partial \theta_1}{\partial \bar{\xi}} &= -\alpha' \gamma_1 (\theta_1 - \theta_2) + n \exp\left(\frac{E}{RT_e} \left(1 - \frac{1}{T_0/T_e + \theta_1 RT_e/E}\right)\right), \\
 \gamma_2 \frac{\partial \theta_2}{\partial \bar{\tau}} - \gamma_2 \frac{1}{u_0} \frac{\partial \theta_2}{\partial \bar{\xi}} &= \gamma_1 \chi_2 \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial \bar{\xi}^2} + \alpha' \gamma_1 (\theta_1 - \theta_2) - \alpha'_{0,e} \theta_2, \\
 \frac{\partial n}{\partial \bar{\tau}} + \left(1 - \frac{1}{u_0}\right) \frac{\partial n}{\partial \bar{\xi}} &= -n \exp\left(\frac{E}{RT_e} \left(1 - \frac{1}{T_0/T_e + \theta_1 RT_e/E}\right)\right).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Начальные и граничные условия

$$\begin{aligned}
 \bar{\tau} = 0 : \quad \theta_1 &= \theta_{10}(\bar{\xi}), \quad \theta_2 = \theta_{20}(\bar{\xi}), \quad n = n_0(\bar{\xi}), \\
 \bar{\xi} = -\infty : \quad \theta_1 &= 0, \quad \theta_2 = 0, \quad n = 1, \\
 \bar{\xi} = +\infty : \quad \frac{\partial \theta_1}{\partial \bar{\xi}} &= 0; \quad \frac{\partial \theta_2}{\partial \bar{\xi}} = 0; \quad n = 0.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Приняты следующие обозначения

$$\begin{aligned}
 T_1 - T_0 &= \frac{RT_e^2}{E} \theta_1, \quad T_2 - T_0 = \frac{RT_e^2}{E} \theta_2, \quad \eta = \eta_0 n, \quad \xi = L \bar{\xi}, \quad \tau = \frac{\bar{\tau} \exp(E/RT_e)}{k_0}, \\
 \gamma_1 &= \frac{c_p RT_e^2}{Q \eta_0 E}, \quad \alpha' = \frac{\alpha_c S_c}{\rho_{10} c_p k_0 \exp(-E/RT_e)}, \quad S_c = \frac{6\alpha_2}{d}, \quad \alpha'_{0,e} = \frac{\alpha_{0,e}}{\rho_{10} Q \eta_0 k_0 \exp(-E/RT_e)},
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$\alpha_c = \frac{Nu \cdot \lambda_1}{d_{eff}}, \quad L = \frac{\nu_{10}}{k_0 \exp(-E/RT_e)}, \quad \chi_2 = \frac{\alpha_2 \lambda_2}{\rho_{10} c_p k_0 \exp(-E/RT_e) L^2}, \quad \alpha_{0,e} = \frac{2\alpha_w}{R_w},$$

$$Nu = 0.395 Re^{0.64} Pr^{1/3}, \quad Re = \frac{\nu_1 d_{eff} \rho_1}{\mu_1 \alpha_1}, \quad Pr = \frac{c_p \mu_1}{\lambda_1}, \quad d_{eff} = \frac{2\alpha_1 d}{3\alpha_2}, \quad \varphi = \frac{\rho_2 c_2}{\rho_{10} c_p}, \quad u_0 = \frac{\nu_{10}}{U},$$

$$T_e = T_0 + \frac{Q\eta_0}{c_p(1+\varphi/(1-u_0))\sqrt{1+4\Delta/u^2}}, \quad u = 1 - \frac{u_0}{1+\varphi}, \quad \Delta = \frac{(\alpha_1\lambda_1 + \alpha_2\lambda_2)\alpha_{0,e}}{(\rho_{10}c_p + \rho_2c_2)^2U^2}, \quad \gamma_2 = \gamma_1\varphi.$$

T_1, T_2 - температуры фаз (газа и пористой среды) соответственно; η - массовая концентрация недостающего компонента; u_{10} - скорость фильтрации смеси газов; U - скорость волны; ρ_1, ρ_2 - приведённые плотности фаз; c_p, c_2 - удельные теплоёмкости; λ_1, λ_2 - коэффициенты теплопроводности в газе и пористой среде; α_c - коэффициент поверхностного теплообмена между фазами; S_c - удельная поверхность частиц; $\alpha_{0,e}$ - коэффициент теплоотдачи в окружающее пространство; Q - тепловой эффект реакции; E - энергия активации; R - универсальная газовая постоянная; k_0 - предэкспонент, Nu, Re, Pr - числа Нусельта, Рейнольдса, Прандтля соответственно; d_{eff} - эффективный диаметр; d - диаметр частиц; α_1, α_2 - объёмные содержания фаз; μ_1 - динамическая вязкость газа.

Под волнами подразумевается профили температур (газа, пористой среды) и концентрации недостающего компонента, которые зависят от времени и координат и распространяются со скоростью U .

Отметим, что в теории горения для изучения структуры стационарных волн, переходят в подвижную систему координат, посредством преобразования $x = \xi + U\tau, t = \tau$. При этом полагают, что все входящие в систему неизвестные функции не зависят от времени, и, как следствие этого, производные по времени от этих функций равны нулю. Но, полученная система дифференциальных уравнений содержит дополнительную неизвестную константу – скорость волны, что усложняет решение задачи. Несмотря на это, в настоящей работе, также используется подвижная система координат для исследования околостационарного режима распространения волны горения при условии, что этот режим со временем переходит в стационарный режим.

Далее, построим эквивалентную математическую модель. Для этого проведём следующие алгебраические преобразования над уравнениями системы (1): суммируем первый и третий уравнений системы (1), получим первое уравнение эквивалентной системы. Второе уравнение системы (1) оставляем без изменений. Суммируя все уравнения (1) получим третье уравнение

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\gamma_1\theta_1 + n)}{\partial\bar{\tau}} + \left(1 - \frac{1}{u_0}\right) \frac{\partial(\gamma_1\theta_1 + n)}{\partial\bar{\xi}} &= -\alpha'\gamma_1(\theta_1 - \theta_2), \\ \gamma_2 \frac{\partial\theta_2}{\partial\bar{\tau}} - \gamma_2 \frac{1}{u_0} \frac{\partial\theta_2}{\partial\bar{\xi}} &= \gamma_1\chi_2 \frac{\partial^2\theta_2}{\partial\bar{\xi}^2} + \alpha'\gamma_1(\theta_1 - \theta_2) - \alpha'_{0,e}\theta_2, \\ \frac{\partial(\gamma_1\theta_1 + \gamma_2\theta_2 + n)}{\partial\bar{\tau}} + \frac{\partial}{\partial\bar{\xi}} \left(\gamma_1\left(1 - \frac{1}{u_0}\right)\theta_1 - \frac{\gamma_2}{u_0}\theta_2 + \left(1 - \frac{1}{u_0}\right)n \right) &= \gamma_1\chi_2 \frac{\partial^2\theta_2}{\partial\bar{\xi}^2} - \alpha'_{0,e}\theta_2. \end{aligned} \quad (3)$$

Система уравнений (3) с начальными и граничными условиями (2) представляет собой эквивалентную математическую модель ФГГ при наличии теплопотерь.

В левую часть третьего уравнения системы (3) добавим и вычитаем член $f \frac{\partial\theta_2}{\partial\bar{\xi}}$, где f - постоянная величина, впоследствии убедимся, что она выражается параметрами системы

$$\frac{\partial(\gamma_1\theta_1 + \gamma_2\theta_2 + n)}{\partial\bar{\tau}} + \frac{\partial}{\partial\bar{\xi}} \left(\gamma_1\left(1 - \frac{1}{u_0}\right)\theta_1 - \frac{\gamma_2}{u_0}\theta_2 + \left(1 - \frac{1}{u_0}\right)n \right) + f \frac{\partial\theta_2}{\partial\bar{\xi}} - f \frac{\partial\theta_2}{\partial\bar{\xi}} = \gamma_1\chi_2 \frac{\partial^2\theta_2}{\partial\bar{\xi}^2} - \alpha'_{0,e}\theta_2$$

В этом уравнение, под частное производное (второй член в левой части) внесём добавленный член, и полагаем, что полученное выражение под частным производным не зависит от координат

$$\gamma_1 \left(1 - \frac{1}{u_0}\right) \theta_1 - \frac{\gamma_2}{u_0} \theta_2 + \left(1 - \frac{1}{u_0}\right) n + f \theta_2 = const \quad (4)$$

Это условие означает, что мы рассматриваем околостационарный режим, то есть структура волны находится на стадии перехода к структуре стационарной волны. Удовлетворяя, левые граничные условия, находим $const = 1 - 1/u_0$. Далее, применяя к (4) правые граничные условия (2) и учитывая, что максимальная температура пористой среды определяется по формуле [5-7]

$$\theta_e = \frac{1}{\gamma_1 \left(1 + \frac{\varphi}{1 - u_0}\right) \sqrt{1 + \frac{4\Delta}{u^2}}},$$

имеем

$$\theta_e \left[\left(1 - \frac{1}{u_0}\right) \gamma_1 + \left(f - \frac{\gamma_2}{u_0}\right) \right] = 1 - \frac{1}{u_0},$$

откуда, находим

$$f = \gamma_1 \left(1 - \frac{1 + \varphi}{u_0}\right) \left(\sqrt{1 + \frac{4\Delta}{u^2}} - 1 \right). \quad (5)$$

Заметим, что если, теплотеря отсутствует ($\alpha_{0,e} = 0$), то следует $\Delta = 0$ и $f = 0$.

Далее, из (4) находим

$$\gamma_1 \theta_1 + n = 1 - \frac{f - \gamma_2 / u_0}{1 - 1/u_0} \theta_2. \quad (6)$$

Подставляя (6) в третье уравнение системы (3) при выполнении условия (4) имеем

$$\left(\gamma_2 - \frac{f - \gamma_2 / u_0}{1 - 1/u_0} \right) \frac{\partial \theta_2}{\partial \bar{\tau}} = \gamma_1 \chi_2 \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial \bar{\xi}^2} + f \frac{\partial \theta_2}{\partial \bar{\xi}} - \alpha'_{0,e} \theta_2 \quad (7)$$

Как видим, уравнение (7) это дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными и поэтому решение ищется в виде $\theta_2 = \Psi(\bar{\tau}) \theta_2^0(\bar{\xi})$. Здесь $\theta_2^0(\bar{\xi})$ - функция безразмерной температуры пористой среды, соответствующая стационарному режиму распространения волны горения. Следовательно, функция $\Psi(\bar{\tau})$ при $\bar{\tau} \rightarrow \infty$ должна стремиться к единице, а это возможно, при $\Psi(\bar{\tau}) = 1 - \exp(-a\bar{\tau})$, $a > 0$. В этом случае уравнение (7) примет вид

$$\left(\gamma_2 - \frac{f - \gamma_2 / u_0}{1 - 1/u_0} \right) a \theta_2^0 \exp(-a\bar{\tau}) = (1 - \exp(-a\bar{\tau})) \left(\gamma_1 \chi_2 \frac{d^2 \theta_2^0}{d\bar{\xi}^2} + f \frac{d\theta_2^0}{d\bar{\xi}} - \alpha'_{0,e} \theta_2^0 \right). \quad (8)$$

Далее, рассматривается частное решение уравнение (8), то есть при условии

$$\gamma_2 - \frac{f - \gamma_2 / u_0}{1 - 1/u_0} = 0. \quad (9)$$

Тогда, решение уравнения (8) можно представить в виде

$$\theta_2^0(\bar{\xi}) = \begin{cases} \theta_e \exp(p_2(\bar{\xi} - \bar{\xi}_*)), & \bar{\xi} < \bar{\xi}_* \\ \theta_e \exp(p_1(\bar{\xi} - \bar{\xi}_*)), & \bar{\xi} > \bar{\xi}_* \end{cases}$$

где p_1, p_2 - корни характеристического уравнения

$$\gamma_1 \chi_2 p^2 + f \cdot p - \alpha'_{0,e} = 0. \quad (10)$$

В результате, функция $\theta_2(\bar{\tau}, \bar{\xi})$ имеет вид

$$\theta_2(\bar{\tau}, \bar{\xi}) = \Psi(\bar{\tau}) \cdot \theta_2^0(\bar{\xi}) = \begin{cases} (1 - \exp(-a\bar{\tau})) \cdot \theta_e \exp(p_2(\bar{\xi} - \bar{\xi}_*)), & \bar{\xi} < \bar{\xi}_* \\ (1 - \exp(-a\bar{\tau})) \cdot \theta_e \exp(p_1(\bar{\xi} - \bar{\xi}_*)), & \bar{\xi} > \bar{\xi}_* \end{cases}$$

Далее, из второго уравнения системы (3) находим функцию $\theta_1(\bar{\tau}, \bar{\xi})$

$$\theta_1(\bar{\tau}, \bar{\xi}) = (1 - \exp(-a\bar{\tau})) \left[\theta_2^0 + \frac{1}{\gamma_1 \alpha'} \left(-\frac{\gamma_2}{u_0} \frac{\partial \theta_2^0}{\partial \bar{\xi}} - \gamma_1 \chi_2 \frac{\partial^2 \theta_2^0}{\partial \bar{\xi}^2} + \alpha'_{0,e} \theta_2^0 \right) \right] + \frac{a\gamma_2}{\gamma_1 \alpha'} \theta_2^0 \exp(-a\bar{\tau}) \cdot$$

Из (6) получим

$$n = 1 - \gamma_1 \theta_1 - \frac{f - \gamma_2 / u_0}{1 - 1/u_0} \theta_2 = 1 - \gamma_1 \theta_1 - \left(\frac{1}{\theta_e} - \gamma_1 \right) \theta_2 = 1 - \gamma_1 (\theta_1 - \theta_2) - \frac{\theta_2}{\theta_e}$$

При $\bar{\tau} = 0$

$$\theta_1(\bar{\tau}, \bar{\xi}) = \frac{a\gamma_2}{\gamma_1 \alpha'} \theta_2^0(\bar{\xi}), \quad \theta_2(\bar{\tau}, \bar{\xi}) = 0, \quad n = 1 - \frac{a\gamma_2}{\alpha'} \theta_2^0(\bar{\xi}),$$

а при $\bar{\tau} \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} \theta_1(\bar{\xi}) &= \theta_2^0 + \frac{1}{\gamma_1 \alpha'} \left(-\frac{\gamma_2}{u_0} \frac{\partial \theta_2^0}{\partial \bar{\xi}} - \gamma_1 \chi_2 \frac{\partial^2 \theta_2^0}{\partial \bar{\xi}^2} + \alpha'_{0,e} \theta_2^0 \right), \quad \theta_2(\bar{\xi}) = \theta_2^0(\bar{\xi}), \\ n &= 1 + \frac{1}{\alpha'} \left(\frac{\gamma_2}{u_0} \frac{\partial \theta_2^0}{\partial \bar{\xi}} + \gamma_1 \chi_2 \frac{\partial^2 \theta_2^0}{\partial \bar{\xi}^2} - \alpha'_{0,e} \theta_2^0 \right) - \frac{\theta_2^0(\bar{\xi})}{\theta_e}. \end{aligned} \quad (11)$$

Для полного представления распространения волны горения в порах пористой среды предполагаем, что в начальный момент времени температура газа равна адиабатической температуре ($T_1 = T_{ad} = T_0 + Q\eta_0 / c_p$), доля недостающего компонента равна нулю ($n = 0$), а температура пористой среды равна максимальной температуре ($T_2 = T_e$). При этом неизвестная константа a будет равна $a = \alpha' / \gamma_2 \theta_e$.

Поскольку получили стационарное решение (11) задачи, в виде функции температур (газа, пористой среды) и концентрации от координат, то имеется возможность исследовать максимальную температуру газа и израсходования недостающего компонента

$$\begin{aligned} \theta_{1\max} &= \theta_e + \frac{1}{\gamma_1 \alpha'} \left(-\frac{\gamma_2}{u_0} p_2 \theta_e - \gamma_1 \chi_2 p_2^2 \theta_e + \alpha'_{0,e} \theta_e \right), \quad \theta_2(\bar{\xi}) = \theta_e, \\ n &= \frac{1}{\alpha'} \left(\frac{\gamma_2}{u_0} p_2 \theta_e + \gamma_1 \chi_2 p_2^2 \theta_e - \alpha'_{0,e} \theta_e \right). \end{aligned} \quad (12)$$

Используя характеристическое уравнение(10), зависимости (12), при условии $f = \gamma_2$, перепишем в виде

$$\begin{aligned} \theta_{1\max} &= \theta_e \left[1 + \frac{p_2 \varphi}{\alpha'} \left(1 - \frac{1}{u_0} \right) \right], \quad \theta_2(\bar{\xi}) = \theta_e, \quad p_2 = \frac{-\varphi + \sqrt{\varphi^2 + 4\chi_2 \alpha'_{0,e} / \gamma_1}}{2\chi_2}, \\ n &= \frac{p_2 \theta_e \gamma_2}{\alpha'} \left(\frac{1}{u_0} - 1 \right), \quad u_0 = (\varphi + 1) \left(1 + \frac{\varphi + 2\Delta}{\varphi - 1} + \sqrt{\left(\frac{\varphi + 2\Delta}{\varphi - 1} \right)^2 - \frac{\varphi}{\varphi - 1}} \right). \end{aligned}$$

Найденные аналитические решения модельной задачи фильтрационного горения газов позволяют оценить максимальные температуры газа, пористой среды и скорости стационарной волны, а также израсходование недостающего компонента в зависимости от параметров системы.

Список литературы

1. Потытняков С. И., Лаевский Ю.М., Бабкин В.С. //Влияние теплопотерь на распространение стационарных волн при фильтрационном горении газов, Физика горения и взрыва, 1984, Т.20, №1, 19-26
2. Лаевский Ю.М., Бабкин В.С., Дробышевич В.И., Потытняков С.И. //К теории фильтрационного горения газов, Физика горения и взрыва, 1984, Т.20, №6, 3-13

3. Потытняков С.И., Лаевский Ю.М., Бабкин В.С., Дробышев В.И. //Исследование тепловой структуры волны фильтрационного горения газов, Физика горения и взрыва, 1985, Т. 21, №2, 19-26
4. Бабкин В.С., Лаевский Ю.М. //Фильтрационное горение газов, Физика горения и взрыва, 1987, Т. 23, №5, 27-44.
5. Доброго К.В., Жданок С.А. //Физика фильтрационного горения газов. 2002. 203 с.
6. Кабилов М.М. //Влияние теплопотерь на устойчивость стационарных волн при фильтрационном горении газов, Доклады Академии наук Республики Таджикистан, 1994, Т.37, № 3-4, 24-28
7. Какуткина Н.А., Коржавин А.А., Мбрава М. //Особенности фильтрационного горения водородо-, пропано- и метановоздушных смесей в инертных пористых средах, Физика горения и взрыва, 2006, т.42, №4, с.8-20

ТЕПЛОЕМКОСТЬ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА E-AlMgSi («АЛДРЕЙ») С КАДМИЕМ

¹Ганиев И.Н., ¹Джайлоев Дж.Х., ¹Сафаров А.М., ²Холов Ё.Дж., ¹Ходжаназаров Х.М.

¹Институт химии им. В. И. Никитина НАН Таджикистана,

²Дангаринский государственный университет

E-mail: ganievizatullo48@gmail.com

Одним из проводниковых алюминиевых сплавов является сплав E-AlMgSi («Алдрей»), который относится к термоупрочняемым сплавам. Он отличается высокой прочностью и хорошей пластичностью. Данный сплав при соответствующей термической обработке приобретает высокую электропроводность. Изготовленные из него провода используются почти исключительно для воздушных линий электропередач [1-3]. В связи с тем, что линии электропередачи из алюминия и его сплавов эксплуатируются в открытой атмосфере, вопросы повышения коррозионной стойкости сплавов являются актуальными.

Целью настоящего сообщения является исследование влияния добавки кадмия на теплоёмкость алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («алдрей»), химического состава, мас.%; Si – 0,5; Mg – 0,5; Al-остальное.

Синтез сплавов проводилось в шахтной лабораторной печи сопротивления типа СШОЛ при температуре 750 – 800 °С. В качестве шихты при получении сплава E-AlMgSi использовали алюминий марки А6, который дополнительно легировалось расчётным количеством кремния и магния. При легировании алюминия кремнием учитывалось имеющийся в составе первичного алюминия кремний (0,1мас.%). Металлические магний и кадмий в завернутом в алюминиевой фольге выде, вводились в расплав алюминия с помощью колокольчика.

Для определения теплоёмкости необходимо определить скорости охлаждения образцов. Скорости охлаждения определяются из кривых охлаждения образцов. Кривые охлаждения представляет собой зависимость температуры образца от времени при охлаждении его на воздухе. Измерение теплоёмкости проводилось на установке, схема которой приведена в работах [4,5].

Экспериментально полученные кривые охлаждения образцов из алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («алдрей»), легированного кадмием представлены на рисунке 1 и описываются уравнением вида

$$T = ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau}, \quad (1)$$

где a, b, p, k – постоянные для данного образца, τ - время охлаждения.

Указанное уравнение нами получено математической обработкой кривых охлаждения образцов из сплавов.

Обработка результатов измерений производилось с помощью программы MS Excel. Графики строились с помощью программы Sigma Plot. Значения коэффициента корреляции составлял величину $R_{\text{корр}} > 0,999$, подтверждая правильность выбора аппроксимирующей функции.

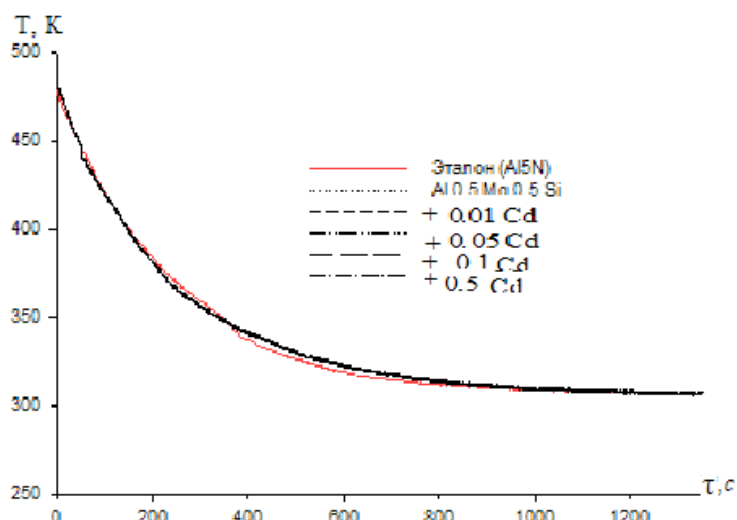


Рисунок 1 - График зависимости температуры образцов (Т) от времени охлаждения (τ) для алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”), легированного кадмием

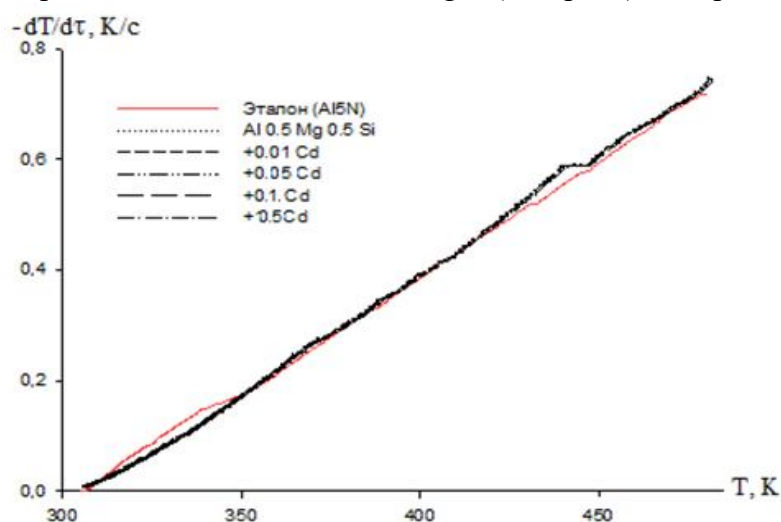


Рисунок 2 - График зависимости скорости охлаждения для алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”), легированного кадмием

Дифференцируя (1) по τ , получаем уравнение для определения скорости охлаждения образцов:

$$dT / d\tau = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (2)$$

На рис. 2 представлены кривые скорости охлаждения образцов из сплава в зависимости от температуры.

Далее по рассчитанным значениям величин скорости охлаждения образцов из алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”) с кадмием по уравнению (3) была вычислена удельная теплоёмкость сплавов.

$$C_{P_2}^0 = C_{P_1}^0 \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}. \quad (3)$$

Результаты расчёта удельной теплоёмкости вышеуказанных сплавов по формулам (3) и (4) через 50 К представлены в таблице 2. Сравнение полученных значений теплоемкости по правилу аддитивности для алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”) совпадает со значениями полученными при проведении экспериментов. Отличие составляет 4% и является вполне приемлемым.

В результате математической обработки кривых температурной зависимости удельной теплоёмкости сплавов, было получено следующее общее уравнение удельной теплоёмкости алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”) с кадмием и эталона (Al марки А5N)

$$C_{p_0}^0 = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (4)$$

Значения коэффициентов в уравнении (4) представлены в табл. 1.

Таблица 1- Значения коэффициентов a , b , c , d в уравнении (4) для образцов из алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”), легированного кадмием и эталона (Al марки А5N)

Содержание кадмия в сплаве, мас.%	a , Дж/(кг·К)	b , Дж/(кг·К ²)	c , Дж/(кг·К ³)	$d \cdot 10^{-4}$, Дж/(кг·К ⁴)	Коэффициент корреляции R ²
0.0	-10400,00	84,29	-0,21	000,171	0.9925
0.01	-9047,52	73,75	-0,18	000,149	0.9999
0.05	-9056,37	73,80	-0,18	000,149	0.9950
0.1	-9122,59	74,12	-0,18	000,149	0.9969
0.5	-9123,98	74,12	-0,18	000,149	0.9970
Эталон	645,88	0,35	0,00	-000,0124	1,0

Таблица 2 – Температурная зависимость удельной теплоёмкости (Дж/(кг · К)) алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”), легированного кадмием и эталона (Al марки А5N)

Содержание кадмия в сплаве, мас.%	Т.К				
	300	350	400	450	500
0.0	751,00	907,62	920,00	916,37	1025,00
0.01	738,90	883,34	901,04	903,73	1003,18
0.05	735,77	879,42	895,82	896,72	993,87
0.1	731,03	877,92	895,57	895,71	990,11
0.5	729,39	876,24	893,85	893,95	988,31
Эталон	854,61	901,55	949,47	997,46	1044,57

Таким образом, в режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца установлена теплоёмкость алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”) с кадмием. В результате математической обработки получены полиномы, которые описывают температурную зависимость теплоёмкости вышеуказанных сплавов в интервале температур 300 – 500 К. Результаты исследования показывают, что с ростом температуры теплоёмкость исходного сплава E-AlMgSi (“алдрей”) увеличивается, а от содержания кадмия уменьшается. Изменение теплоёмкости алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (“алдрей”) от содержания кадмия, объясняется ростом степени гетерогенности структуры сплавов при их легировании кадмием.

Список литературы

1. Усов В.В., Займовский А.С. Проводниковые, реостатные и контактные материалы. Материалы и сплавы в электротехнике. Том II. –М.: Госэнергоиздат, 1957. 184с.
2. Алюминиевые сплавы : свойства, обработка, применение / Отв. ред. Л.Х. Райтбарг. - Изд. 13-е, перераб. и доп. –М. : Металлургия, 1979. 679 с.
3. Альтман М.Б. и др. Промышленные алюминиевые сплавы. М.: Металлургия, 1984. 528 с.

4. Ниёзов Х.Х., Ганиев И.Н., Бердиев А.Э. Сплавы особоочистого алюминия с редкоземельными металлами. Монография – Душанбе: ООО «Сармад компания» -2017. 146с.

5. Ganiev I.N., Mulloeva N.M., Nizomov Z., Obidov F.U. Temperature dependence of the specific heat and thermodynamic functions of alloys of the Pb-Ca system // High Temperature, 2014, vol. 52. Iss. 1. P. 138-140.

БЫСТРОТНЫЕ СПЕКТРЫ П--МЕЗОНОВ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ dC-, CC- и CТа-СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ 4.2 АГЭВ/с И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

М.У.Султанов¹, С.К.Юлдашев², К.Х.Яхшибоев³, Г.Ю.Нодиров¹

¹*Самаркандский архитектурно-строительный университет,*

²*Самаркандский государственный университет,*

³*Академический лицей при Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета.*

E-mail: suyuld@mail.ru

Процесс множественной генерации частиц в столкновениях релятивистских адронов и ядер с ядрами являются предметом интенсивных исследований на протяжении многих лет. Исследователей привлекает идея использовать внутриядерную среду в качестве микроскопического детектора с разрешением, сравнимым с радиусом действия сильных взаимодействий. Опыт исследований адрон-ядерных и ядро-ядерных столкновений показал, что для понимания механизмов нуклон-нуклонных и ядро-ядерных взаимодействий недостаточно располагать лишь только данными о характеристиках конечных продуктов взаимодействия.

Наборы данных получены с помощью двухметровой пропановой камеры, облученный пучками ядер дейтрона (²H) и углерода (¹²C) с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон. Они включают в себя информацию о типах вторичных частиц и их кинематических характеристиках. Методические вопросы эксперимента, касающиеся отбора взаимодействий на ядре углерода из всех событий в пропане, а также идентификации частиц и введения геометрических поправок на потери частиц, испущенных под большими углами к плоскости фотографирования, рассмотрены в [1-3].

Статистика экспериментальных данных, проанализированная в данной работе, состоит из 7071, 20528 и 2420 событий неупругих dC-, CC- и CТа-столкновений, соответственно, причем практически все вторичные заряженные частицы обнаружены в 4л геометрии. Для систематического сравнения с экспериментальными данными, в рамках кварк-глюонной струнной модели (КГСМ), адаптированной к промежуточным энергиям, мы разыграли 30000 событий неупругих dC-, CC- столкновений при 4,2 ГэВ/с на нуклон и 6000 событий неупругих CТа-столкновений при 4.2А ГэВ/с.

В табл.1 представлены средние множественности отрицательных пионов и протонов-участников, а также средние значения быстроты и поперечного импульса π⁻-мезонов в dC-, CC- и CТа-столкновениях при 4,2 ГэВ/с на нуклон, наблюдаемые, как в эксперименте, так и в КГСМ.

Сравнение быстротных распределений отрицательных пионов, образованных в dC-, CC- и CТа-столкновениях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон, полученных в эксперименте и из расчетов по КГСМ показаны на рис.1(а). Все спектры на рис.1 и остальные рисунки построены в с.ц.м. нуклон-нуклонных столкновений при 4,2 ГэВ/с (быстрота центра масс

нуклон-нуклонных столкновений $u_{с.ц.м.} \approx 1.1$ при том же значении импульса налетающей частицы).

Таблица 1.

Тип взаимод.	$\langle n_{\pi^-} \rangle$	$\langle n_{part.pr} \rangle$	$\langle u_{с.м}(\pi^-) \rangle$	$\langle p_t(\pi^-) \rangle$ (ГэВ/с)
dC, экспер. КГСМ	0.66±0.01 0.64±0.01	1.95±0.02 1.86±0.01	-0.12±0.01 -0.17±0.01	0.252±0.003 0.222±0.002
СС, экспер. КГСМ	1.45±0.01 1.59±0.01	4.35±0.02 4.00±0.02	-0.016±0.005 0.007±0.005	0.242±0.001 0.219±0.001
СТa, экспер. КГСМ	3.50±0.10 5.16±0.09	13.3±0.2 14.4±0.2	-0.34±0.01 -0.3±0.01	0.217±0.002 0.191±0.001

Быстротное распределение отрицательных пионов в СС-столкновениях симметрично относительно средней области значений быстрот $u_{с.ц.м.} = 0$, как и ожидается, для системы с одинаковыми ядрами снаряда и мишени. Как видно из рис.1(а), с увеличением масс ядер снаряда и мишени, высота быстротного распределения (следовательно, множественность π^- -мезонов) увеличивается. Также видно из рис.1(а), что быстротное распределение π^- -мезонов, смещается в сторону более низких быстрот, или больше в направлении области фрагментации мишени, так как масса ядра-мишени растет по мере перехода от СС- к СТa-столкновениям. Это происходит за счет того, что эффективное число нуклонов-участников мишени и, следовательно, число π^- -мезонов, образующихся в области фрагментации мишени, увеличивается с ростом массы ядра-мишени. Как видно из рис.1(а), КГСМ удовлетворительно описывает экспериментальные распределения по скорости π^- -мезонов в dC-, СС- и СТa-столкновениях. На рисунке 1(б) показано, что экспериментальные быстротные спектры отрицательных пионов в анализируемых столкновениях могут аппроксимироваться гауссовой функцией в следующем виде

$$F(y) = \frac{A_0}{\sigma} \exp\left(\frac{-(y - y_0)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

где σ – стандартное отклонение, которое в настоящей работе называется шириной распределения, y_0 – центр гауссового распределения, а A_0 является константой аппроксимации.

Ширина экспериментальных быстротных спектров отрицательных пионов ($\sigma^{C+C} = 0,793 \pm 0,003$ и $\sigma^{C+Ta} = 0,75 \pm 0,01$), полученная из настоящего анализа, оказалась немного меньше, чем соответствующие ширины ($\sigma^{C+C} \approx 0,82$ и $\sigma^{C+Ta} \approx 0,79$), оценка которых была получена в работе [4-6] для столкновений СС- и СТa- при 4,2 ГэВ/с, и основывалась на полной экспериментальной статистике, что составляло половину от соответствующего статистического материала, используемого в настоящей работе. Из табл.2 видно, что расположение центров y_0 , полученное из аппроксимации быстротных спектров π^- -мезонов гауссовой функцией, совпадает в пределах погрешности с соответствующими средними значениями скорости отрицательных пионов в анализируемых столкновениях, приведенных в табл. 1. КГСМ удовлетворительно описывает ширину, а также расположение y_0 быстротных распределений отрицательных пионов в dC-, СС- и СТa-столкновениях при 4,2 ГэВ/с на нуклон.

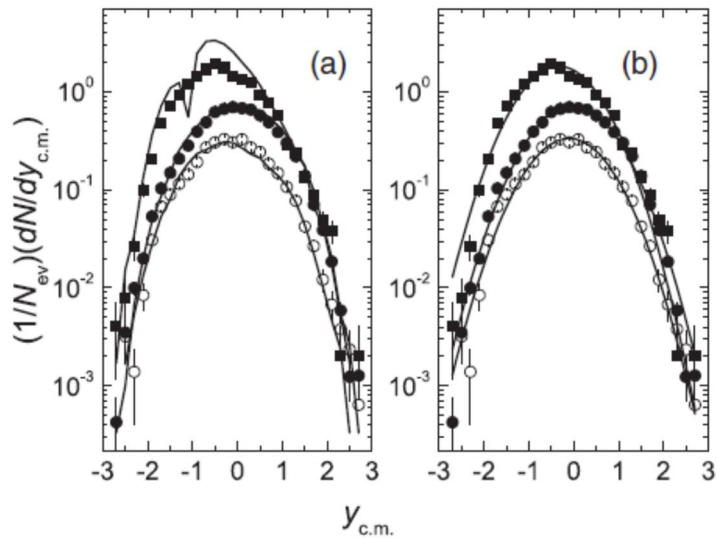


Рисунок 1 - Экспериментальные распределения по быстроте отрицательных пионов в dC (○), CC (●) и STa- (■) столкновениях при 4.2A ГэВ/с. Соответствующие (а) спектры КГСМ и (б) аппроксимация гауссовой функцией приведены сплошными линиями. Все спектры получены в с.ц.м. из нуклон-нуклонных столкновений при 4,2 ГэВ/с. Распределения нормированы на общее число N_{ev} соответствующих неупругих событий.

Представляет интерес провести количественный анализ изменения формы быстротных спектров отрицательных пионов с повышением центральности соударений, что соответствует уменьшению прицельного параметра столкновения. Так как прицельный параметр не может быть непосредственно измерен, мы используем число протонов-участников $n_{pr.part}$, чтобы охарактеризовать центральность соударений. Мы следуем методике, предложенной в работах [6,7], в которой события с периферийными столкновениями определены как события, в которых $n_p \leq \langle n_{pr.part} \rangle$, и центральные столкновения определены как события с $n_p \leq 2 \langle n_{pr.part} \rangle$, где $\langle n_{pr.part} \rangle$ - это средняя множественность протонов-участников. В работе [7] было показано, что центральные $^{12}\text{C}+^{181}\text{Ta}$ столкновения при 4.2A ГэВ/с, отобранные с использованием вышеуказанного критерия, характеризовались полной остановкой снаряда, потому что в этих столкновениях среднее число взаимодействующих нуклонов-снарядов $\langle \nu^p \rangle$ было очень близким к общему числу нуклонов в ядре-снаряде углерода. Доля экспериментальных и соответствующих модельных центральных и периферических событий dC-, CC- и STa-столкновений совпадают друг с другом в пределах двух стандартных ошибок, с единственным исключением, что КГСМ завышает долю периферических dC-столкновений.

Эти результаты для CC- и STa-столкновений совпадают с долями центральных и периферийных событий соударений, оценка которых проведена в работе [8] на значительно более низкой статистике CC- и STa-столкновений по сравнению с соответствующей статистикой настоящего анализа.

Аналогичное уменьшение расчетных ширин быстротных спектров отрицательных пионов наблюдалось в работе [7] при переходе от периферических столкновений к центральным столкновениям CC- и STa- при 4.2A ГэВ/с. Оценочные значения ширин для периферических и центральных CC- и STa-столкновений ($\sigma_{периф}^{C+C} \approx 0,85$ и $\sigma_{центр}^{C+C} \approx 0,78$, $\sigma_{периф}^{C+C} \approx 0,87$ и $\sigma_{центр}^{C+C} \approx 0,74$), полученные в работе [7] оказались немного больше по сравнению с соответствующими ширинами экспериментальных быстротных спектров. Как

видно из рис.2(а), 2(с), центры y_0 быстротных распределений π^- мезонов смещаются на -0.32 ± 0.04 и -0.44 ± 0.02 к области фрагментации мишени при переходе от периферических к центральным столкновениям dC- и СТА-, соответственно.

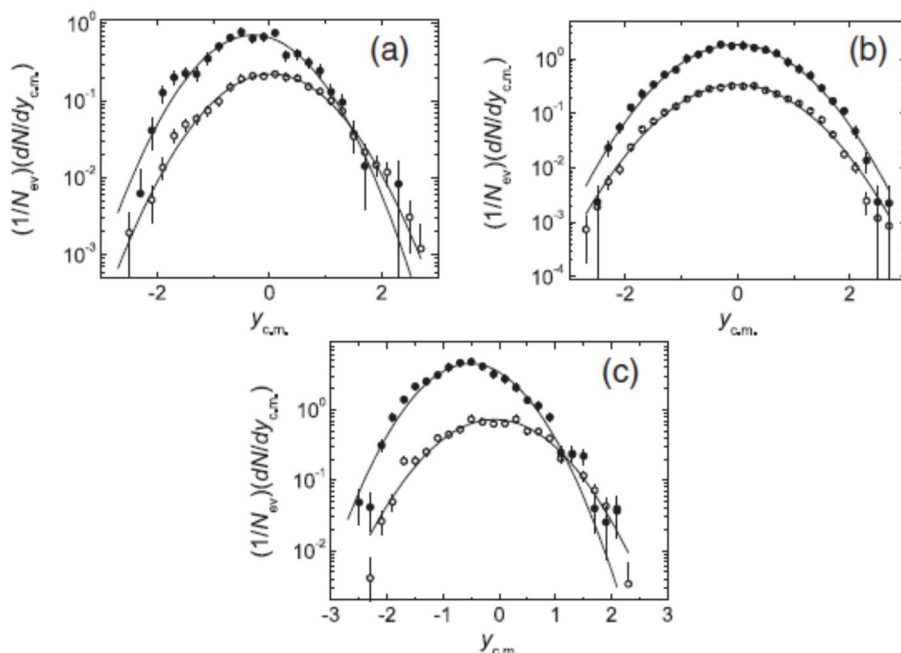


Рисунок 2 - Экспериментальные быстротные распределения отрицательных пионов в центральных (●) и периферических (○) соударениях (а) dC, (б) CC, и (с) СТА- столкновений при 4.2A ГэВ/с. Соответствующая аппроксимация функцией Гаусса указана сплошной линией. Все спектры получены в с.ц.м. из нуклон-нуклонных столкновений при 4,2 ГэВ/с.

Из сравнительного анализа характеристик отрицательных пионов в центральных dC-, CC- и СТА-соударениях можно сделать следующие выводы:

1. Быстротные распределения, а также зависимость $\langle p_T \rangle$ от $y_{с.ц.м}$ отрицательных пионов в dC-, CC- и СТА- столкновениях, за исключением зависимости $\langle p_T \rangle$ от $y_{с.ц.м}$ спектра π^- в столкновениях СТА (которые несколько отклоняются от гауссовой формы), имеют гауссовую колоколообразную форму, и могут вполне удовлетворительно аппроксимироваться функцией Гаусса.

2. Ширины распределений по быстроте π^- -мезонов практически совпадают в dC- и CC- столкновениях, тогда как в СТА-столкновениях они немного меньше, как в эксперименте, так и в КГСМ. Ширины экспериментальных быстротных спектров отрицательных пионов уменьшаются при переходе от периферических к центральным dC- и CC-, СТА- столкновениям.

3. КГСМ может вполне удовлетворительно описать анализируемый экспериментальный спектр отрицательных пионов в dC-, CC- и СТА-столкновениях при 4,2 ГэВ/с на нуклон.

Литература

1. Bondarenko A.I., Kladrnitskaya E.N., Kuznetsov A.A., Toneeva G.P. and Yuldashev B.S. The Ensemble of interactions on carbon and hydrogen nuclei obtained using the 2 m propane bubble chamber exposed to the beams of protons and ^2He , ^4He , ^{12}C relativistic nuclei at the Dubna Dubna Synchrophasotron// JINR Communicatins. –Dubna, 1998,- №P1-98-292.

2. В.А.Беляков, Е.Богданович. Экспериментальное исследование частиц спектаторов во взаимодействиях ядер углерода в пропановой пузырьковой камере в области энергий нескольких ГэВ. Сообщение ОИЯИ, P1-98-289, Дубна, 1998г.

3. А.С.Галоян,Е.Н.Кладни́цкая и др. Характеристики рС-взаимодействий при импульсе 4,2 ГэВ/с в зависимости от степени центральности соударения протона с ядром углерода. Множественность вторичных частиц. ОИЯИ,Р1-2002-54,Дубна,2002г.
4. Simic Lj., Bakovic S., Salihagic D. Centrality dependence of pion and proto spectra in C+C and C+Ta interactions at 4.2 GeV/c per nucleon//Phys.Rev.C. – American Physical Society (USA), 1995. – Vol.52.-p.356.
5. Sultanov M.U., Nodirov G., XalilovaX., AliqulovS.S., BekmirzaevR.N., JoniqulovA., BekmirzayevevaX. Kinematical characteristics of secondary charged particles in CC and Cta interactions at 4.2 GeV/c per nucleon. International conference Nuclear Science and Its Application. Samarkand, Uzbekistan, September 25-28, 2012. p.133-134.
6. А.И.Бондаренко,Р.А.Бондаренко и др. Характеристики СС-взаимодействий при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон с различной степенью центральности соударения ядер. ОИЯИ, Р1-2000-138,Дубна,2000г.
7. Olimov Kh.K. Iqbal A., Hasseb M.Q., Lutpullayev S.L., Yuldashev B.S. Centrality and system-size dependencies of temperatures of soft and hard components of p_t distributions of negative pions in ${}^4\text{He}+{}^{12}\text{C}$, ${}^{12}\text{C}+{}^{12}\text{C}$ and ${}^{12}\text{C}+{}^{181}\text{Ta}$ Collisions at $\sqrt{S_{nn}}=3.14$ GeV // Physical Review C. – American Physical Society (USA), 2015. – Vol.92, N.2 – id024909. -16 p.
8. Olimov Kh.K., Olimov K., Gulamov K.G., Olimov A.K., Lutpullayev S.L., Yuldashev B.S., Hasseb M.Q. Partial inelasticity coefficients of negative pions in p, d, α , ${}^{12}\text{C}+{}^{12}\text{C}$ and ${}^{12}\text{C}+{}^{181}\text{Ta}$ at 4.2 GeV/c per nucleon //International Journal of Modern Physics E.- World Scietific (Singapore), 2015. – Vol.24, N.10-id.1550070-9p.

ТЕОРИИ ПОЛЯ С ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МАССОЙ

Р.Ибадов

Самаркандский государственный университет имени Ш.Рашидова,

г. Самарканд, Узбекистан

E-mail: ibrustam@mail.ru

Одной из побудительных причин для квантования пространства-времени является трудности с ультрафиолетовыми расходимостями в квантовой теории поля (КТП). Параметр типа фундаментальной длины l (или фундаментальной массы M) непременно возникал в так называемых нелокальных вариантах КТП, тоже нацеленных на избавление теории от ультрафиолетовых расходимостей. Несмотря на определенные успехи, это направление так и не вышло за рамки феноменологического подхода, поскольку формфакторы, подавляющие расходимости, в нелокальных теориях необходимо извлекать из опытных данных. Известно, однако, что наиболее важные реалистические теории поля-квантовая электродинамика, квантовая хромодинамика, модель Салама-Вейнберга-Глэшоу и т.д., принадлежат к классу т. н. нормируемых теорий, в которых существование расходимостей не мешает проведению количественных расчетов с любой степенью точности. Успехи этих теорий в описании имеющихся на сегодня экспериментальных данных не являются аргументом против существования фундаментальной длины l . Они свидетельствуют лишь о том, что современная физика высоких энергий еще далеко отстоит от того рубежа, за которым могут проявиться новые геометрические свойства пространства-времени. С позиции сегодняшнего дня многим теоретикам представляется весьма вероятным, что «истинная» теория поля, способная дать адекватное описание всех взаимодействий элементарных частиц, будет, по меньшей мере перенормируемой лагранжевой теорией, обладающей локальной калибровочной (супер)симметрией. Спрашивается, может ли такая схема содержать параметр типа фундаментальной длины?

Ответ на этот вопрос могут дать лишь будущие эксперименты в области сверхвысоких энергиях.

Идея о наличии в природе новой универсальной постоянной размерности массы или длины, которая бы фиксировала определенный масштаб в области высоких энергий (или на малых пространственно-временных расстояниях), многократно обсуждалась в литературе в самых различных текстах. Хорошо известным примером является квантование пространственно-времени направление в квантовой теории поля (КТП), основанное гипотезе о дискретной (квантованной) структуре пространственно-временного мира в области малых масштабов. Линейный размер “кванта-пространства“ интерпретируется как новая универсальная постоянная-фундаментальная (также элементарная, минимальная) длина l . Обратная величина $M = 1/l$ выступает, соответственно, в роли «фундаментальной массы». С точки зрения данного подхода стандартной КТП отвечает предельный $l = 0$ (или $M \rightarrow \infty$). На сегодняшний день, в экспериментах в пределах $l \geq 10^{-20}$ метр еще l не обнаружена. Но, этот рубеж еще чрезвычайно далеко отстоит от «планковской длины» $l \approx 10^{-35}$ метр, определяющей пространственные масштабы эффектов квантовой гравитации. По мере преодоления колоссального интервала $10^{-20} - 10^{-35}$ метр будут открыты новые физические явления и закономерности, ассоциированные с новым «масштабом природы»- фундаментальной длиной l , или фундаментальной массой $M = \frac{\hbar}{c l}$.

В.Г.Кадышевский и М.Д.Матеев основываясь гипотезе о фундаментальную длину, облачая l в геометрическую форму получили новую КТП для скалярного поля [1]. При этом, по соображениям размерности, в p – представлении теории роль нового универсального масштаба наложена на фундаментальной массе M . Пусть параметр M имеет непосредственное отношение к геометрии импульсного 4-пространства теории, определяя его крупномасштабную структуру, т.е. строение области «больших» импульсов $|p| \geq M$. Область «малых» импульсов $|p| \ll M$ при этом должна оставаться приближенно евклидовой, что бы не нарушалась соответствие со стандартной евклидовой КТП [2]. Именно, такой геометрией обладают простейшие римановы 4-пространства, имеющие постоянную (положительную или отрицательную) кривизну [3] Рассмотрены гиперсферы в пространстве 5- измерений, отождествляя радиусы гиперсферы фундаментальной массой M .

Углубляясь формулировке КТП с фундаментальной массой [4], мы с самого начала будем разворачивать в конфигурационном представлении, переходя от p – пространства Минковского к p – пространству де-Ситтера с достаточно большим радиусом M . Пространство де-Ситтера обладает постоянной кривизной. В соответствии с ее знаком имеются две возможности:

$$p_0^2 - p_1^2 - p_2^2 - p_3^2 + p_5^2 = M^2 \quad (1)$$

(кривизна положительна)

$$p_0^2 - p_1^2 - p_2^2 - p_3^2 - p_5^2 = -M^2 \quad (2)$$

(кривизна отрицательна)

Неевклидово 4-пространство (2) называются также мнимым 4-пространством Лобачевского. Естественно, что КТП, опирающаяся на импульсное пространство вида (1)-(2), должна предсказать новые физические явления при $E \geq M$. В принципе M может оказываться близким к планковской массе $M_{Planck} = \sqrt{\frac{\hbar c}{k}} \approx 10^{19}$ ГэВ. Тогда эта новая

схема обязана включить в себе квантовую теорию гравитации. Стандартной КТП отвечает приближение «малых» 4-импульсов которое во многих случаях формально достигается при $M \rightarrow \infty$ («плоский предел»). Далее рассмотрим квантовую версию уравнения (2). С помощью стандартной для квантовой теории постановки $p_\mu = i\hbar \frac{\partial}{\partial x^\mu}$ и $p_5 = i\hbar \frac{\partial}{\partial x^5}$ получим следующую полевое уравнении в 5 измерениях:

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x_\mu \partial x^\mu} - \frac{\partial^2}{\partial x_5^2} - \frac{M^2 c^2}{\hbar^2} \right] \Phi(x^\mu, x^5) = 0 \quad (3)$$

Здесь мы умышленно использовали нормальные единицы, чтобы подчеркнуть, что три универсальные постоянные \hbar , c и M группируя в один параметр-фундаментальную длину $l = \hbar/Mc$. На само уравнение (3) естественно также распространяя термин «фундаментальной». Этому уравнению обязаны подчинятся все поля, независимо от их тензорной размерности. Переходя в (3) к смешанному (p, x_5) - представлению, получим уравнению

$$\left[p^\mu p_\mu + \frac{\partial^2}{\partial x_5^2} + M^2 \right] \Phi(p, x_5) = 0 \quad (4)$$

имеющий решение при всех $p^\mu p_\mu = p^2$, включая область $p^2 + M^2 < 0$. Следовательно, $p_5 = \sqrt{p^2 + M^2}$ теперь принимает как вещественные, так и чисто мнимые значения. Если мы определим эту величину как обобщенную функцию:

$$p_5 = \sqrt{(p^2 + M^2 + i0)} = \begin{cases} \sqrt{p^2 + M^2}, & \text{если } p^2 + M^2 > 0 \\ i\sqrt{-p^2 - M^2}, & \text{если } p^2 + M^2 < 0 \end{cases} \quad (5)$$

С помощью (5) записываем общее решение уравнении (4):

$$\Phi(p, x_5) = \cos[x_5 \sqrt{(p^2 + M^2 + i0)}] \Phi(p, 0) + \frac{\sin[x_5 \sqrt{(p^2 + M^2 + i0)}]}{\sqrt{(p^2 + M^2 + i0)}} \frac{\partial \Phi(p, 0)}{\partial x_5} \quad (6)$$

где «начальные данные» $\Phi(p, 0)$ и $\frac{\partial \Phi(p, 0)}{\partial x_5}$ определены при всех значениях 4-импульсов. Производя над (10) преобразование Фурье, находим формальное решение уравнение (3). Необходимо подчинить произвольные функции» $\Phi(p, 0)$ и $\frac{\partial \Phi(p, 0)}{\partial x_5}$ по меньшей мере экспоненциальным условием убывания в области $p^2 + M^2 < 0$ при $|p| \rightarrow \infty$. Можно сказать и так: удовлетворяющие указанному критерию $\Phi(p, 0)$ и $\frac{\partial \Phi(p, 0)}{\partial x_5}$ образуют класс функций, в пределах которого допустима корректная постановка задачи Коши для фундаментальной уравнение (3) по переменной x_5 :

$$\begin{cases} \left[\frac{\partial^2}{\partial x^\mu \partial x_\mu} - \frac{\partial^2}{\partial x_5^2} - \frac{M^2 c^2}{\hbar^2} \right] \Phi(x^\mu, x^5) = 0, \\ \Phi(x^\mu, x^5)|_{x^5=0} = \frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \int e^{-ipx} \Phi(p, 0) d^4 p, \\ \frac{\partial \Phi(x^\mu, x^5)}{\partial x^5} |_{x^5=0} = \frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \int e^{-ipx} \frac{\partial \Phi(p, 0)}{\partial x^5} d^4 p \end{cases} \quad (7)$$

Если задача Коши (7) корректна, то решение фундаментальной уравнение дается интегралом Фурье, причем по самому построению оно является единственным. Следовательно, существует взаимно-однозначное соответствие

$$\Phi(x^\mu, x^5) \leftrightarrow \left(\begin{array}{c} \Phi(x^\mu, 0) \\ \partial\Phi(x^\mu, 0)/\partial x^5 \end{array} \right) \equiv \left(\begin{array}{c} \Phi(x^\mu) \\ \chi(x^\mu) \end{array} \right) \quad (8)$$

Иными словами, утверждение о том, что всем полям в 5-пространстве сопоставляется своя волновая функция $\Phi(x, x^5)$, подчиняющаяся фундаментальной уравнение (3), равносильно утверждению, что каждое из этих полей в обычном пространстве-времени описывается волновой функцией с удвоенным, по сравнению с прежним, числом компонент:

$$\Phi(x, x^5) \leftrightarrow \left(\begin{array}{c} \Phi(x) \\ \chi(x) \end{array} \right)$$

Далее естественно предположить, начальные данные подчиняются лагранжевым уравнениям движения, которые следуют из соображения стационарности действия

$$S = \int d^4x L \left[\Phi(x, 0), \frac{\partial\Phi(x,0)}{\partial x^5} \right] \quad (9)$$

Главная задача этой теории состоит в том, чтобы построить конкретные выражения для лагранжианов $L \left[\Phi(x, 0), \frac{\partial\Phi(x,0)}{\partial x^5} \right]$ в физически интересных случаях, выяснить смысл дополнительных полевых переменных и дать описание новых физических эффектов в области сверхвысоких энергиях $E \geq M$. В этой связи заметим, что, положив в основы КТП задачу Коши (7), мы фактически ввели концепцию поля. При преобразованиях группы де Ситтера $O(1,4)$, являющейся группой движений пространства отрицательной кривизны (2), величины $(i \frac{\partial}{\partial x^\mu}, i \frac{\partial}{\partial x^5})$ при «вращениях» в $(\mu 5)$ - плоскостях

$$i \frac{\partial}{\partial x^\mu} = i \frac{\partial}{\partial x_\mu} + \frac{q_\mu}{M} \left[-i \frac{\partial}{\partial x^5} + \frac{q^v}{M-q_5} i \frac{\partial}{\partial x_\mu} \right], \quad i \frac{\partial}{\partial x^5} = -\frac{iq^v}{M} \frac{\partial}{\partial x_v} - i \frac{q_5}{M} \frac{\partial}{\partial x^5} \quad (10)$$

где $q^2 - q_5^2 = -M^2$.

В плоском пределе $M \rightarrow \infty$ эти соотношения должны выражаться в преобразования сдвига псевдоевклидова p -пространства $i \frac{\partial}{\partial x_\mu} = i \frac{\partial}{\partial x_\mu} + q_\mu$. С учетом $|p_0|, |\vec{p}| \ll M$, и $p^5 = g^{55}p_5 \cong M$, заключаем, что при $M \rightarrow \infty$ $\left| i \frac{\partial}{\partial x_\mu} \Phi(x, x^5) \right| \ll M |\Phi(x, x^5)|$ отсюда имеем $i \frac{\partial}{\partial x_\mu} \Phi(x, x^5) \cong -M \Phi(x, x^5)$. Далее эту соотношению можно проинтегрировать, $\Phi(x, x^5) \cong e^{iMx^5} \Phi(x, x^5)$. Таким образом, в плоском пределе $M \rightarrow \infty$ зависимость от дополнительной координаты x^5 исчезает, если в качестве пятимерной волновой функции использовать $e^{-iMx^5} \Phi(x, x^5)$:

$$\frac{\partial}{\partial x^5}_{M \rightarrow \infty} [e^{-iMx^5} \Phi(x, x^5)] \cong 0. \quad (11)$$

Это соотношение (11) одновременно является предельной формой фундаментально уравнения (3) при $M \rightarrow \infty$. Видим теперь, что начальные условия задачах Коши в плоском пределе принимают $\Phi(x^\mu, x^5)|_{x^5=0} = \Phi(x, 0)$ и $\frac{\partial}{\partial x^5} \Phi(x^\mu, x^5)|_{x^5=0} = iM \Phi(x, 0)$. Таким образом, характерное для новой схемы удвоение числа полевых степеней свободы исчезает при $M \rightarrow \infty$. Отсюда, в частности $\lim_{M \rightarrow \infty} L[\Phi(x, 0), \frac{\partial}{\partial x^5} \Phi(x, 0)] = L[\Phi(x, 0)]$, т.е. при конечном M аналогом обычной полевой переменной следует считать $\Phi(x, 0)$. Если мы при постановке задачи Коши задавали начальные условия при произвольном фиксированном значении $x^5 = const$ вместо (9) действия имели бы:

$$S = \int_{x^5=const} d^4x L \left[\Phi(x, x^5), \frac{\partial \Phi(x, x^5)}{\partial x^5} \right]. \quad (12)$$

Далее, сознавая на (12) приведем некоторые действия в нашем подходе для полей, например для свободных скалярных $\varphi(x, x^5)$, спинорных $\psi(x, x^5)$, и векторных полей $A_\mu(x, x^5)$.

Действия для поля невзаимодействующих нейтральных скалярных частиц с нулевой массой:

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2} \int d^4x \left[\frac{\partial \varphi(x, x^5)}{\partial x^\mu} \frac{\partial \varphi(x, x^5)}{\partial x_\mu} + \left| -i \frac{\partial \varphi(x, x^5)}{\partial x^5} - M \varphi(x, x^5) \right|^2 \right] = \\ &= \frac{1}{2} \int d^4x \left[\frac{\partial \varphi(x)}{\partial x^\mu} \frac{\partial \varphi(x)}{\partial x_\mu} + M^2 \left| -i \frac{\partial \varphi(x)}{\partial x^5} - \varphi(x) \right|^2 \right] \end{aligned} \quad (13)$$

Действия для свободных спинорных полей:

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2} \int d^4x \{ \bar{\psi}(x, x^5) (i\hat{\partial} + M) \left[\frac{-i}{M} \frac{\partial}{\partial x^5} \psi(x, x^5) \right] + \\ &+ M \left[\frac{-i}{M} \frac{\partial}{\partial x^5} \psi(x, x^5) \right] (i\hat{\partial} + M) \psi(x, x^5) - \left[\frac{-i}{M} \frac{\partial}{\partial x^5} \psi(x, x^5) \right] \left[\frac{-i}{M} \frac{\partial}{\partial x^5} \psi(x, x^5) \right] - \\ &\quad - \bar{\psi}(x, x^5) \left[M + \frac{(i\hat{\partial})^2}{M} \right] \psi(x, x^5) \} \end{aligned} \quad (14)$$

Действия для свободных векторных полей:

$$S = -\frac{1}{4} \int d^4x \{ F_{KL}(x, x^5) F^{KL}(x, -x^5) + 2 \left| \frac{\partial A^\mu(x, x^5)}{\partial x^\mu} - M A_5(x, x^5) - \frac{\partial A_5}{\partial x^\mu} \right|^2 \} \quad (15)$$

где $A^\mu(x, x^5)$ и $A_5(x, x^5)$ -векторные поля, $F_{KL}(x, x^5) = \frac{\partial}{\partial x^K} [e^{-iMx^5} A_L(x, x^5)] - \frac{\partial}{\partial x^L} [e^{-iMx^5} A_K(x, x^5)]$ -тензор векторного поля в 5-мерном пространстве, а $K, L=0,1,2,3,5$.

В итоге, хотя перенормируемость этой нашей теории еще не доказана, в принципе в древесном приближении можем вычислять сечение некоторых ядерных реакции и выделить роль нового масштаба фундаментальной массой. Результаты расчетов в рамках нашей теории процессов рассеяния поляризованных электронов в области сверхвысоких энергиях можем рекомендовать экспериментаторам [5].

Список литературы

1. Kadyshevsky V.G. and Mateev M.D. , Quantum field theory and a new universal high-energy scale. II: Gauge vector fields // Nuovo Cimento, A 87, 324, p.139 (1985).
2. Chizhov M.V., Donkov A.D., Ibadov R.M., Kadyshevsky V.G. and Mateev M.D., *Quantum Field Theory and a New Universal High Energy Scale. Dirac Fields*//Nuovo Cimento. 87A, No.3 (1985), p.350. Chizhov M.V., Donkov A.D., Ibadov R.M., Kadyshevsky V.G. and Mateev M.D., *Quantum Field Theory and a New Universal High Energy Scale. Gauge Vector Fields*// Nuovo Cimento. V.87A, No.4 (1985), p.375.
3. Rodionov V. N., Kravtsova G. A., An Algebraic PT_Symmetric Quantum Theory with a Maximal Mass// Physics of Particles and Nuclei, 2016, Vol. 47, No. 2, pp. 135–156.
4. Ibadov R.M., Kadyshevsky V.G., New formulation of Quantum field theory with Fundamental mass// in: Proceedings 5th International Symposium on Selected Topics in Statistical Mechanics, Dubna, (World Scientific, Singapore (1989), p.131).
5. Ibadov R., Tuhtamishv S., Khodjaeva U. Some experimental consequences hypotheses about Fundamental Mass// European Science 2017, № 2 (24), 6-13.

ОТРАЖЕНИЕ ОПОР КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ В МИРОВОЗЗРЕНИИ АВИЦЕННЫ

Зайнудинов С., Салимов Н.С.

Таджикский государственный университет коммерции, Душанбе, Таджикистан

E-mail: salimov_int@rambler.ru; pol123987@mail.ru

Всеми миру известно, что таджикский народ с древнейших времён не мыслил своего существования вне естественного окружающего мира, считал себя частью этого мира, поэтому его стремление познавать самого себя всегда было связано процессом познания окружающего мира и происходящих в нем процессов. Именно поэтому во всех источниках, как поэтических, так и прозаических, а также произведениях мыслителей, всегда наблюдается определённая тенденция в изложении возникновения Мироздания и процессов в нём на основе естественного пути развития. При этом, в источниках, например, «Авесто» [1], и таджикскими мыслителями описывались явления, которые после многих и тысячелетий и столетий были описаны учёными других народов.

Постоянно-переменные исторические обновления в обществах препятствовали сведению разрозненных научных достижений в единое целое, чтобы обеспечить информационно развитие наук. Кроме того, крайне низкая грамотность населения по причине отсутствия школ обычно становилась препятствием и не дала возможности реализовывать научно-технические достижения на основе полученных достижений.

Следует отметить, что в научном мире таджикские мыслители известны больше всего как поэты, писатели, философы, мастера слов и т.д., но никак не учёные. Например, Саади Ширази считается поэтом и писателем, но никак не учёным, в то время как он до мельчайших подробностей описывал развитие человека от эмбрионального состояния до смерти; в своих четверостишиях описывал действия сил, которые приложены в разные точки испытываемого тела; достаточно точно описывал действие частицы с названием «дуд» (дым), начиная от источника до приемника (к сведению таджикских физиков: в естествознании таджикского Средневековья одна из частиц называлась «дуд» (дым)); впервые именно Саади, сравнивая действие посредника между природой и животным, указал, что оно в 300 000 раз (!) слабее, чем действие естественных частиц. Хайям в своих четверостишиях достаточно всесторонне описывал свойства первичных элементов. Всем нравятся его рубаи именно из-за того, что в них достаточно точно, эффективно, слаженно и в связи с другими явлениями описываются конкретные явления, свойства любимых объектов и субъектов, разрушение надежд, любви, влияние явлений друг на друга и многое другое, причем так, как мы сами их представляем, чувствуем, ощущаем, видим, осязаем. Следует отметить, что при этом применяются такие слова, как «звук», «волна», «частица», «скорость», «частота», «цвет» и т.д. Естественно предположить, что без каких-либо знаний по естествознанию он не мог бы выразить свои мысли подобным образом в своих четверостишиях. Другой мыслитель - Носири Хусрав не считается ученым – естествоведом, но, из таджикских философов впервые именно он дал определение «хушки», которое напоминает определение атома; дал определение звука, характеризовал его и его возникновение; предложил новую частицу с названием «посредник»; сравнивал по симметрии расположение планет и составляющие части тела человека; определил звезду следующим образом: «Это светящееся небесное тело, округленное под давлением света»; «тепло» определил как сжатое состояние материи; определил шесть видов движения; дал определение молнии; дал определение грома. Поэт Бедиль в своих четверостишиях

описывал волну, движение и покой, форму, первичные элементы, описывал явление, похожее на современный «туннельный эффект», но не считается ученым – естествоведом.

Следует отметить, что таджикский учёный Абу Али Ибн Сина (Авиценна) занимает незаменяемое место среди учёных мира именно потому, что он впервые самым правильным образом описывал возникновение Мироздания и процессов в нём, причём, на основе тех принципов, которые ныне называются принципами квантовой физики, и стал первым открывателем квантовой физики. Некоторые явления, относящиеся к квантовой физике, описанные Авиценной, были приведены в наших работах.

Здесь мы кратко рассмотрим те явления, которые считаются опорами квантовой физики. В различных источниках по квантовой физике, например, в [3], основными понятиями квантовой физики именуется: фотоэффект, эффект Комптона, волновые свойства частиц, соотношение неопределенностей Гейзенберга, давление света, масса, бозон Хиггса, черные дыры, виртуальные частицы, высокоэнергетические источники и др.

Рассмотрим некоторые из опор квантовой физики, и сравним их с мировоззрением Ибн Сины (Авиценны) [7, с. 40-53]. Современное объяснение этих понятий приведено из современных источников по физике, например, [3], а явления, подобные им и описанные Авиценной, отмечены словосочетанием Ибн Сина (Авиценна):

Фотоэффект – это появление свободных электронов вблизи поверхности тела (внешний фотоэффект) или внутри него (внутренний фотоэффект) при его освещении.

Ибн Сина (Авиценна): Эффект, похожий на современный фотоэффект, Ибн Сина (Авиценна) описывал следующим образом: он характеризовал более 9 частиц, которые возникают внутри собственной сферы первичных элементов ХОБО-А под воздействием солнечных лучей из каждого первичного элемента: хок (земля), об (вода), бод (воздух) и оташ (огонь). Ибн Сина (Авиценна) отмечал, что частицы, возникшие под действием излучения Солнца, имеют различные скорости движения, причем, некоторые из них приобретают такие скорости, которые позволяют им покинуть пределы собственной сферы первичных элементов, а некоторым не хватает мощности (энергии) и останутся внутри собственной сферы первичных элементов [6, с. 121-122]. Таким образом, сравнение показывает: в этом утверждении Ибн Сины (Авиценны) описывается явление, которое в настоящее время называется «явлением фотоэффекта», и, четко указаны законы фотоэффекта: внутренний фотоэффект, внешний фотоэффект, красная граница фотоэффекта, зависимость скорости вырванных частиц от длин волн падающего излучения, зависимость скорости движения частиц от материала вещества.

Эффект Комптона – при рассеянии веществом рентгеновского излучения наблюдается излучение с большей длиной волны. Таким образом, частота рассеянного веществом рентгеновского излучения не совпадает с частотой излучения, падающего на него. Это может быть только, если электромагнитное излучение представляет собой поток фотонов. При этом часть энергии фотона уходит к электрону, а остальную часть уносит рассеянный фотон. Поэтому частота рассеянного фотона всегда меньше, чем падающего. Эффект Комптона – ещё одно доказательство корпускулярной природы электромагнитного излучения.

Ибн Сина (Авиценна): На примере пламени над фитилем, Ибн Сина (Авиценна) объяснял взаимодействие частиц, в результате которого происходит изменения их свойств, в частности, частицы становятся видимыми. Другими словами, после взаимодействия, поверхностное излучение частиц превращается в длинноволновое излучение. Он утверждал, что частица «дуд» (дым) бывает два типа: а) дуди касиф (вязкий дым); б) дуди

латиф (гладкий, нежный дым). Эти частицы отличаются амплитудами колебания поверхности: амплитуды колебания поверхности «дуди касиф» (вязкий дым) меньше, но частота больше, чем эти же характеристики для «дуди латиф» (гладкий, нежный дым). Ибн Сина (Авиценна) утверждал: частица «оташи сирф» (чистый огонь) изменяет кайфият (колебание поверхностных уровней) частицы «дуди касиф» (вязкий дым), уменьшает её энергетическую жесткость поверхности, поэтому и увеличивается длина волны поверхностного излучения частицы «дуд» (дым), и наблюдателю кажется, что как будто «оташи сирф» (чистый огонь) становится видимым, но на самом деле, как отмечал Ибн Сина (Авиценна), осталась неизменной сущность «оташи сирф» (чистый огонь), а эту сущность мы видим посредством «дуди латиф» (гладкий, нежный дым) [6, с. 121-123]. Таким образом, если провести аналогию с эффектом Комптона, то становится ясным, что частица «оташи сирф» (чистый огонь) играет роль электрона, частица «дуди касиф» (вязкий дым) играет роль падающего рентгеновского излучения, а частица «дуди латиф» (гладкий, нежный дым) играет роль рассеянного рентгеновского излучения. Кроме того, следует особо отметить: 1) в современной квантовой физике не объясняется отличие частицы кванта рентгеновского излучения до столкновения с электроном от частицы кванта рентгеновского излучения после столкновения с электроном, а в мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) это отличие указывается: оно выражается в изменении кайфият (амплитуды колебания поверхности частицы); 2) в современной квантовой физике изменение длины волны кванта рентгеновского излучения после столкновения с электроном не объясняется, а констатируется, в то время как, изменение длины волны излучения в мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) объясняется приобретением нового кайфият (амплитуды колебания поверхности частицы); 3) принцип объяснения изменения свойств частиц при столкновениях в квантовой физике не является универсальным принципом, в то время как в мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) принцип, разработанный им для объяснения изменения свойств частиц при столкновениях, является универсальным. Другими словами, разработанный Ибн Синой (Авиценной) принцип объяснения изменения свойств частиц при столкновениях можно применить к любым частицам, которые сталкиваются друг с другом.

Физическое поле представляется некоторой динамической физической величиной (называемой полевой переменной), определенной во всех точках пространства (и принимающей вообще говоря разные значения в разных точках пространства, к тому же меняющейся со временем).

Ибн Сина (Авиценна): Авиценна доказал [6, с. 62], что между двумя взаимодействующими неделимыми частями должна быть другая часть, в противном случае, все части будут занимать одно и то же «место». До философии Авиценны отсутствовало такое объяснение о взаимодействиях между частями. Впоследствии это утверждение Авиценны было высказано в виде существования магнитного и электрического полей в теории близкого взаимодействия. В современной квантовой физике невозможность входа одной частицы в другую частицу объясняется либо существованием электрического (магнитного) поля вокруг частиц, либо возникновением «эффективной сферы» вокруг частиц. Таким образом, современная физика доказала верность утверждения Авиценны.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Корпускулярно-волновой дуализм даёт возможность заменить движущуюся частицу эквивалентной волной. Сделав такую замену, мы лишаем частицу корпускулярных свойств, а значит, не можем определить её положение. Таким образом, корпускулярно-волновой дуализм не позволяет одновременно

и точно измерить положение частицы и её импульс. Принцип неопределённости вытекает из эффекта Комптона, т.к. изучая электрон, мы обязательно должны передать ему часть энергии кванта фотона. В результате, положение электрона и его импульс изменится.

Ибн Сина (Авиценна): Поскольку соотношение неопределенностей Гейзенберга является следствием от эффекта Комптона, и, мы отметили, что увеличение длины волны при взаимодействии частиц рассматривается в мировоззрении Ибн Сины (Авиценны), то следует утверждать, что в мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) присутствует это соотношение, но математические расчеты не приводятся. Авиценна утверждал, что внутри энергетических уровней нельзя точно определить начало движения (названного им «харакати тавассутия»), которое приведёт к возникновению кванта, а сам квант обладает уровнями, которые все время находятся в движении (названного им «харакати қатъия»). Исходя из этого, например, Ибн Сина (Авиценна) утверждал, что тело имеет три стороны, которые останавливают друг друга, и после этого появляется форма и тело становится телом [5, с. 25; 2, с. 212; 8, с. 100-105]. Это определение тело, данное Ибн Сины (Авиценной), коренным образом отличается от всех других определений именно тем, что оно основано на соотношении, которое в настоящее время называется соотношением неопределенностей Гейзенберга.

Давление света. Согласно теории Максвелла, электромагнитная волна является поперечной волной. Когда такая волна наталкивается на поверхность, например, на металлическую, напряжённость электрического поля начинает двигать электроны вдоль направления своего вектора. При этом отрицательно заряженные электроны будут двигаться в сторону, противоположную электрическому вектору. Легко показать, что на движущиеся в магнитном поле волны электроны будет действовать сила Лоренца, направленная вглубь поверхности металла в направлении вектора скорости распространения волны. Это и есть давление электромагнитной волны или давление света.

Ибн Сина (Авиценна): Ибн Сина (Авиценна), определяя собственную сферу первичных элементов (ХОБО-А) [2, с. 115-117], центральную часть назвал «хок» (земля), поскольку она является местом, куда попадают все «отяжелевшие» первичные элементы, вследствие чего «хок» (земля) будет самой твердой частью сферы первичных элементов. Стать «твердой частью» или «сжатой частью» четырех первичных элементов, означает, что внутри первичного элемента «хок» (земля) давление повышается именно по мере «падения» излучения из других первичных элементов на этот первичный элемент. Авиценна утверждал, что по этой причине звёзды являются сжатыми излучениями. Таким образом, в мировоззрение Ибн Сины (Авиценны) учтено возникновение давления света.

Виртуальные частицы – это такие же элементарные частицы, как реальные частицы, только с меньшим временем жизни, и являются менее стабильными частицами, чем реальные частицы. В основном, они находятся между реальными частицами как переносчики энергии, например, между протоном и нейтроном внутри ядра атома.

Ибн Сина (Авиценна): В мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) одним из основных понятий является понятие «форма». Было доказано, что в мировоззрение Ибн Сины (Авиценны) категория «форма» отличается от категории «формы» в мировоззрении Аристотеля: впервые указывается, что понятие “форма” в мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) равнозначно понятию “состояние вещи с минимальной энергией образования” современного естествознания, имеет бытие по движению. Если перевести данное высказывание на язык современной квантовой физики, получим следующее: возникшие связи (например, спиновые энергетические состояния и колебательные уровни частиц)

образуют вещь из частиц по выгодным энергетическим связям. Эти частицы имеют два вида движения: собственное движение и движение их поверхности в виде силы. Категория «сила» в мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) равнозначна современным понятиям «переход сверху вниз и наоборот», что приведет к возникновению частиц (например, к возникновению частицы «фотон» в современном понимании). Следовательно, согласно мировоззрению Ибн Сины (Авиценны), при переходе силы в движении испускаются частицы с различными энергиями, которые удерживают формообразующие частицы, а энергия испущенных частиц определяют время жизни этих же частиц. Таким образом, в мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) учитываются существование частиц, которые в современной квантовой физике именуется «виртуальными частицами». Ибн Сина (Авиценна) описывает так же и способы обнаружения реальных и виртуальных частиц: 1) некоторые из них человек может обнаружить своим разумом; 2) некоторые из них человек может обнаружить мышлением; 3) некоторые из них человек может обнаружить органами чувств. Такое разделение познаваемости мира есть факт существования источников по частотам излучения, на которых указывает Ибн Сина (Авиценна) в своем мировоззрении. Следует отметить особо: те реальные и виртуальные частицы, которые могут быть обнаружены разумом и мышлением, не могут быть обнаружены органами чувств и созданными человеком приборами, т.е. искусственно созданными объектами.

Источники высоких энергий. Источниками высоких энергий являются те объекты, которые при регулируемом или нерегулируемом взрыве выделяют сравнительно большое количество энергии. В настоящее время к таким источникам причисляются: атомная бомба, ядерная бомба, термоядерная бомба, различные химические источники и другие объекты, которые работают на их основе, например, атомная электростанция. Название источников указывает на их особенность и отличие между ними. Например, атомная бомба – это объект, основу которого составляет «атом»; ядерная бомба – объект, основу которого составляет «ядро» атома и т.д. Несмотря на различие в названиях и технических методах реализации, у них есть общее: все они основаны на разложении основного материала или разложении основы объекта. При разложении основы объекта происходит выделение огромной энергии, которая используется в различных областях человеческой деятельности.

Ибн Сина (Авиценна): В мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) используются понятия «кайфият» и «мизодж». Физический смысл «кайфият» заключается в том, что «кайфият» есть процесс возникновения и распада связей внутри каждого первичного элемента между различными движущимися состояниями (частями) этого же первичного элемента. Физический смысл понятия «мизодж» заключается в том, что «мизодж» есть процесс возникновения и исчезновения связей между самими первичными элементами внутри сферы по мере их сближения друг с другом. Следует отметить: Ибн Сина (Авиценна) считает, что процесс возникновения и исчезновения связей происходит со скоростью, которая является самой большой в природе [7, с. 52]. На возникновение и исчезновение связей между первичными элементами указывает сам Ибн Сина (Авиценна) и считает, что устойчивость и другие свойства человеческого организма (а также и других вещей) зависит от устойчивости связей между первичными элементами. Устойчивая связь между первичными элементами образует «форму» вещи, которая имеет минимальную энергию образования. Другими словами, «кайфият» и «мизодж» формы имеют минимальную скорость образования и движения. Исходя из этого положения, можно утверждать, что вещь может изменить свою форму только в случае уменьшения скорости движения: при меньшей скорости движения, чем скорость с «формой», вещь разлагается на

составляющие части с большой скоростью, т.е. с выделением огромной энергии. Именно это имел в виду Ибн Сина (Авиценна), когда утверждал, что в природе наименьшей скоростью обладает та вещь, которая еще сохраняет свою форму [6, с.214]. Отсюда выходит, что если каким-то способом уменьшить скорость движения вещи или кайфият поверхности вещи с «формой», то можно будет получить высокую энергию. Как было сказано выше, именно по такому принципу работают современные источники высоких энергий. Таким образом, в мировоззрении Ибн Сины (Авиценны) ясно изложены принципы, на основе которых работают современные источники высоких энергий.

Таким образом, исходя из вышеизложенных и других многочисленных фактов, с уверенностью можно утверждать: великий таджикский мыслитель, великий таджикский философ, великий таджикский ученый Абу Али Ибн Сина (Авиценна) является первым человеком на Земле, который использовал законы современной квантовой физики для объяснения Мироздания, и тем самым, стал первооткрывателем современной квантовой физики.

Список литературы

1. Зайнудинов С. Мировоззрение Ибн Сино (Авиценны) с точки зрения современного естествознания. Издательство Спутник+, М.: 2012. -386 с.,
2. Физика – Основные положения, законы и формулы – Квантовая физика. [Электронный ресурс]: physics.info-servis.net
3. Абу Али Ибни Сино. Осори мунтахаб. ч.2., Душанбе., “Ирфон”., 1983., 560 сах. (Абу Али ибн Сино. Избранные произведения на тадж. языке. т.2).
4. Абуали Ибни Сино. Осори мунтахаб (ибораат аз дах чилд) (Избранные произведения из 10 томов на таджикском языке)., т.3., Душанбе., Ирфон., 1985.,-448
5. Абуали Ибни Сино. Осори мунтахаб (ибораат аз 10 чилд). (Избранные произведения из 10 томов на таджикском языке)., ч.1., Душанбе, Ирфон, 1980.-477с.
6. Абуали ибни Сино. Рисолаи «Дафъ-ул-Мазори-л-куллия ан-ил-абдон ал-инсония»., Душанбе, Ирфон, 1991.-95 с. ISBN — 667-00247-7
7. Зайнудинов С. Что такое философия (опоры философии), Москва, Издательство "Спутник+", 2020., 132 стр.

К ТЕОРИИ ГЕНЕРАЦИИ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В МЕТАЛЛАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПУЧКА БЫСТРЫХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Исмаатов Т.Н., Салихов Т.Х.

НИИ Таджикского национального университета

E-mail: tsalikhov@mail.ru

Очевидно [1-3], что при взаимодействии пучка быстрых тяжелых ионов с металлической поверхностью происходит ее локальный нагрев с последующим перераспределением тепла по диффузионному закону. Тогда возникает необходимость изучения особенностей кинетики формирования нестационарного поля температуры (ПТ) в этой среде. Как правило, подобные задачи решаются численными методами. С другой стороны, при этом в системе также генерируются акустические импульсы, вызванные соответствующими возмущениями температуры. Для описания формирования ПТ металлических образцов, состоящих из решетки и электронного газа, как правило, используется теплофизическая модель теплового пика с привлечением системы нелинейных уравнений для температуры электронного газа T_e и решетки T_i . Между тем, анализ существующих публикаций последних лет [2-5] показывает, что решение линейной

системы уравнений для T_e и T_i при различных видах временного поведения пучка ионов, а также на этой основе нахождение особенностей возбуждаемых акустических импульсов является достаточно актуальным. Целью настоящей работы является теоретическое исследование особенностей формирования нестационарного ПТ для T_e и T_i , а также акустических импульсов в металлических образцах, когда временное поведение падающего пучка быстрых тяжёлых ионов соответствует экспоненциальной функции.

Подчеркнем, что сверхбыстрый нагрев металлов происходит в два этапа. На первом этапе электроны поглощают большую часть энергии падающего излучения, а возбужденный электронный газ передает свою энергию решетке путём неупругого электрон-фононного рассеяния. На втором этапе поглощенная металлической пленкой тепловая энергия диффундирует внутрь в основном через электронный газ. Для типичных металлов в зависимости от степени электрон-фононного взаимодействия электронам и решетке требуется от 0.1 до 1 пс для достижения теплового равновесия. Исходные уравнения термоупругости в рамках модели термического пика в цилиндрической системе координат с учётом аксиальной симметрии принимают следующий вид [1-3]:

$$C_e \frac{\partial T_e}{\partial t} = \nabla(\kappa_e \nabla T_e) - g(T_e - T_i), \quad (1)$$

$$C_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = \nabla(\kappa_i \nabla T_i) + g(T_e - T_i), \quad (2)$$

$$\nabla^2 \sigma - \frac{1}{v_s^2} \frac{\partial^2 \sigma}{\partial t^2} = -\frac{\beta_V}{K v_s^2} \frac{\partial^2 T_i}{\partial t^2}, \quad (3)$$

где C_e , C_i , κ_e и κ_i - теплоемкости и теплопроводности электронного газа и решетки, соответственно, g - коэффициент, характеризующий передачу энергии от электронного газа решетке, v_s^2 - скорость звука в среде, K - модуль изотермического сжатия решетки, β_V - коэффициент объёмного теплового расширения.

Система уравнений (1)-(2) является достаточно сложной. Обычно она решается численными методами [2,3]. Для ее аналитического решения используются некоторые упрощения. Учитывая, что электронный газ в проводнике имеет очень маленькую теплоёмкость, а фононный газ имеет пренебрежимо малую теплопроводность, систему уравнений (1)-(2) можно записать в следующем виде:

$$\kappa_e \left(\frac{1}{r} \frac{\partial T_e}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_e}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 T_e}{\partial z^2} \right) = g(T_e - T_i), \quad (4)$$

$$C_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = g(T_e - T_i), \quad (5)$$

$$\nabla^2 \sigma - \frac{1}{v_s^2} \frac{\partial^2 \sigma}{\partial t^2} = -\frac{\beta_V}{K v_s^2} \frac{\partial^2 T_i}{\partial t^2}. \quad (6)$$

Начальные и граничные условия, необходимые для совместного решения системы (4)-(6) можно принять в виде [3-5]

$$\begin{aligned} T'_{e,i}(r, z, 0) = 0, \quad -\kappa_e \frac{\partial T'_{e,i}}{\partial z} \Big|_{z=0} = A_e(r, t), \\ \sigma(z, 0) = 0, \quad \sigma_t(z, 0) = 0, \quad \sigma(z, t) \Big|_{z=0} = \sigma(z, t) \Big|_{z=L} = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

где $A_e(r, t)$ - объемная плотность мощности, вносимой потоком ионов в электронную подсистему. Следуя [6], вид этой функции можно написать в виде $A_e(r, t) = f(t)D(r)$, где $f(t) = \alpha e^{-\alpha t}$, $\alpha = 1/\tau$, τ - характерное время экспоненциального распада импульса ионов, $D(r)$ - функция радиального распределения δ -электронов в тормозящей среде, которая имеет вид $D(r) = \frac{S_e}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-r^2/\sigma^2}$, где S_e - профиль ионизационных потерь иона, σ - пространственная полуширина распределения Гаусса.

Решение системы (4)-(5) нами найдено методом интегральных преобразований. В частности, для величины $T_i(r, z, t)$ получено следующее выражение:

$$T_i'(r, z, t) = \frac{\alpha\sigma S_e g}{2\sqrt{2\pi\kappa_e C_i}} e^{-\alpha t} \int_0^\infty \frac{J_0(rs)}{\sqrt{g + \kappa_e s^2}} e^{-\left(\frac{\sigma^2 s^2}{4} + \sqrt{\frac{B(s)}{\kappa_e}} z\right)} \left[\int_0^t e^{\left[\alpha - \frac{g(B(s) + \kappa_e s^2)}{2C_i B(s)}\right]\tau} I_0\left(\frac{g^2}{2C_i B(s)} \tau\right) d\tau \right] ds, \quad (8)$$

где $B(s) = g + \kappa_e s^2$, $J_0(x)$ - функция Бесселя, $I_0(x)$ - ее модифицированный вид.

Поступая аналогично, мы получили решение уравнений (6) следующего вида:

$$\sigma(r, z, t) = -\frac{\alpha\sigma S_e g \beta_V}{2C_i \sqrt{2\pi\kappa_e K v_s^2}} \int_0^\infty \frac{J_0(rs)}{B(s)} e^{-\frac{\sigma^2 s^2}{4}} \left[\int_0^t \theta_1(s, t-\tau) [\theta_2(s, z, \tau) - \theta_3(s, z, \tau)] d\tau \right] ds, \quad (9)$$

$$\theta_1(t) = e^{-\frac{g[B(s) + \kappa_e s^2]}{2C_i B(s)} t} I_0\left[\frac{g^2}{2C_i B(s)} t\right], \quad \theta_2(t) = \alpha^2 e^{-\alpha t} \int_0^z \text{sh}\left[\sqrt{\frac{\alpha^2}{v_s^2} + s^2} (z-u)\right] e^{-u\sqrt{p^2/v_s^2 + s^2}} du,$$

$$\theta_3(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\lambda_n^2 \text{sh}\left[\sqrt{\lambda_m^2 p^2 / v_s^2 + s^2} z\right] \int_0^L \text{sh}\left[\sqrt{\lambda_m^2 p^2 / v_s^2 + s^2} \cdot (L-u)\right] e^{-\sqrt{s^2 + \frac{C_i g \lambda_n}{\kappa_e (C_i \lambda_n + g)}} u} du}{ch\left[\sqrt{\lambda_m^2 p^2 / v_s^2 + s^2} \cdot L\right] (\lambda_n + \alpha) + \text{sh}\left[\sqrt{\lambda_m^2 p^2 / v_s^2 + s^2} \cdot L\right]},$$

где $\lambda_n = i v_s \sqrt{\left(\frac{n\pi}{L}\right)^2 + s^2}$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$. Из результатов расчета следует, что во всех

случаях максимальное значение температуры электронов соответствует времени $t = \tau$ и по мере удаления от центра пучка происходит постепенное снижение как T_e' , так и T_i' .

Максимальное значение температуры ионов наблюдается при $t \approx C_e / g$, а затем она резко уменьшается. Глубинное распределение обеих температур является экспоненциально затухающим, в то время как радиальное распределение температур обеих подсистем соответствует гауссовой функции. Эти результаты качественно совпадают с выводами эксперимента [7].

Таким образом, в рамках настоящей работы нам удалось получить выражения, описывающие пространственно-временное распределение поля температур электронов и решетки металлов при облучении потоком быстрых тяжелых ионов с экспоненциальным временным затуханием. Результаты численного расчета раскрывают все особенности формирования нестационарного поля температуры электронной подсистемы и решетки металла, а также генерации акустической волны.

Литература

1. Комаров, Ф.Ф. Нано-и макроструктурирование твердых тел быстрыми тяжёлыми ионами / Ф.Ф. Комаров // УФН. 2017. Т.187. № 5. С.465-504.
2. Амирханов И.В., Дидык Е.В., Земляная И.В., Пузынин Т.П. и др. Численное исследование температурных эффектов в материалах при облучении их тяжелыми ионами высоких энергий в рамках уравнений теплопроводности для электронов и решетки // ЭЧАЯ. 2006. Т.3. № 1(130). С.63-75.

3. Wesch W., Wendler E. Ion Beam Modification of Solids: Ion-Solid Interaction and Radiation Damage .Springer. Series in surface sciences, 2016.Vol.16. 534 p.
4. Shmidberskaya A.A., Shmidberskiy P.A., R.L. Plomodyalo R.L. Study of temperature fields under impact of fine-focused heavy ion beam onto metal substrates structure // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.2018 .Vol.327. No.2. DOI:10.1088/1757-899X/327/2/022081
5. Индейцев, Д.А. Двухтемпературная модель оптического возбуждения звука в проводниках / Д.А. Индейцев, Е.В. Осипова // –ДАН. –2017. –Т.473. –№ 2. –С.1-5.
6. Darkins R., Duffy Darkins D.M. Modelling radiation effects in solids with two-temperature molecular dynamics //Computational Materials Science.2018, Vol.147. p.145-153.
7. Stodel, C. “Thermal Spike” model applied to thin targets irradiated with swift heavy ion beams at few MeV/u / C. Stodel, M. Toulemonde, C. Fransen, B. Jacquot, G. Fremont, M. Michel, C. Dufour // EPJ Web of Conferences, Proceedings of the 29th International Conference of the International Nuclear Target Development Society (INTDS2018). –2020. –No.229. –Pp.05001. –DOI: 10.1051/epjconf/20202290500

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА

Х.Б. Шарипов, К. Ботуров, Дж. Валиев, Г. Менгиярова

Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ

E-mail: sh_khurshed_94@mail.ru

Гидротермальным методом получают различные неорганические материалы в закрытых системах с использованием физико-химических процессов, протекающих в водных растворах при температурах выше 100°C и давлениях выше 1 атм. Сущность метода заключается в способности воды и водных растворов растворять практически нерастворимые при обычных условиях вещества. Такими веществами могут быть некоторые оксиды, сульфиды, фосфаты, силикаты и т.д. В качестве растворителя можно использовать воды и водных растворов некоторых кислот, оснований и солей, которых называют минерализаторами.

Для получения наночастиц диоксида титана гидротермальным методом обычно используются реакции высокотемпературного гидролиза прекурсоров непосредственно в автоклаве [1]. При нагревании раствора в автоклаве компоненты реагируют между собой с образованием нового соединения, которое является термодинамически более стабильным, чем исходные.

В зависимости от природы растворителя, рН среды раствора, времени и температуры обработки в автоклаве можно получить различные модификации TiO₂, разных размеров, с различными физико-химическими свойствами. Например, в сильнокислой среде при использовании кислот HF, HNO₃ и HCl образуется фаза анатаз, а нанокристаллические частицы рутила можно получить с помощью протонирования лимонной и азотной кислотами [2].

В работе [3] наночастицы TiO₂ были получены гидротермальной обработкой 0.5 М раствора бутилата титана в изопропанол в деионизированную воду, которые затем были пептизированы при 70°C в течение 1 ч в присутствии гидроокиси тетраалкиламмония. Было выявлено, что химическая природа пептизатора и его концентрация оказывают влияние на морфологию частиц.

Гидротермальным синтезом наночастиц TiO₂ также был проведен в работе [4]. Предшественник триэтилентетрамин добавляли по каплям к смеси этанола с водой, содержащей азотную кислоту, при рН = 0,7. Гидротермальную реакцию проводили при 240°C в течение 4 час. Наночастицы TiO₂ были получены в форме анатаза. Размеры частиц

составляли 7-25 нм и контролировались путем регулирования концентрации предшественника титана и состава растворителя.

В другой работе [5] при использовании гидротермальной обработке была получена стабильная модификация TiO_2 – рутил. Кристаллизация частиц TiO_2 проводилась во фторидной среде при использовании растворов NaF , KF и NH_4F при температурах 450-550°C. Более интенсивная перекристаллизация наблюдалась в 5-10% растворе NH_4F . Размеры кристаллов могут достигать 1-1,5 мкм в опытах длительностью трое суток. Как правило, увеличение температуры кристаллизации способствует укрупнению кристаллов.

В работах [6,7] были получены наночастицы TiO_2 со средними диаметрами 10-40 нм под влиянием воды из $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, т.к. кристаллические фазы анатаза из аморфного геля $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ интенсивно формируются в водной среде. Наночастицы TiO_2 получили при гидролизе тетраэтилата титана (IV) в гидротермальных условиях. По данным спектроскопии комбинационного рассеяния полученные образцы имеют структуру анатаза. Это объясняется тем, что под влиянием воды ускоряется процесс перестройки октаэдров $[\text{TiO}_6]$ в структурной форме анатаза. Вода выступает в роли катализатора перестройки структуры $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, а также она образует связи с первичными частицами аморфного TiO_2 . Дальнейший рост частиц анатаза в таких условиях разделяют на две стадии: - быстрая стадия роста по твердофазному эпитаксиальному механизму; - медленная стадия роста, обусловленная процессом рекристаллизации. Подобными механизмами роста частиц также в работе [8] получены частицы TiO_2 .

В последние годы путем дополнительного воздействия, такие как микроволновое, ультразвуковое, электрохимическое и механохимическое воздействия расширяют возможности гидротермального метода [7]. Выбор условий синтеза, а также применение различных добавок в процессе синтеза позволяет целенаправленно получать наноматериалы с заданным размером, регулируемым в достаточно широких пределах.

Гидротермальный метод является частным случаем сольвометрического синтеза. Этот метод считается универсальным способом синтеза наночастиц диоксида титана, так как в процессе можно контролировать форму, размер, кристаллическую структуру и т.д. Главное отличие этого метода заключается в использовании неводного растворителя и более высоких температур процесса. Это связано с тем, что часть органических растворителей имеют высокие температуры кипения. Использование сольвотермического метода дает возможность получить наночастицы TiO_2 размером менее 5 нм [9].

Авторами [10] впервые гидротермальным методом с ультразвуковой обработкой были получены нанотрубки TiO_2 с диаметрами 8 нм и длинами 100 нм. Нанотрубки TiO_2 были синтезированы при гидротермальной обработке порошков рутила и анатаза при температуре 110°C в 10 М растворе NaOH в течение 20 часов. Последняя стадия синтеза включала ультразвуковую обработку в 0,1 М HCl . Другие авторы [11] утверждают, что хорошо закристаллизованные нанотрубки TiO_2 можно получить гидротермальным взаимодействием порошка диоксида титана (анатаз или рутил) с водным раствором NaOH .

Для формирования TiO_2 , нанотрубулярной формы важное значение имеет исходный размер и модификация частиц TiO_2 . Например, более длинные нанотрубки TiO_2 образуются из высокодисперсного рутила с размером частиц 7 нм, чем из более крупных частиц анатаза [12]. В данной работе, также были получены нанотрубки диаметром 8-10 нм и длиной ~ 100 нм из TiO_2 с удельной поверхностью 50 м²/г в 10 М растворе NaOH в течение 20 ч при 110°C. На свойства образцов влияет последующая кислотная и термическая обработка, на

морфологию - структурный тип TiO_2 . Гидротермальная обработка порошков TiO_2 с размером частиц 4 - 18,5 нм в растворе NaOH при 110°C в течение 20 ч и последующей отмывки, разбавленной HNO_3 , приведет к образованию многослойных нанотрубок анатаза с длинами до 500 нм. Внутренний диаметр полученных нанотрубок равен $\sim 4 - 6$ нм и состоят из двух до пяти монослоев. Нанотрубки имеют большую удельную поверхность ($380 \text{ м}^2/\text{г}$) и перспективны для фотокаталитических процессов.

О синтезе наименее стабильной модификации TiO_2 – брукита, в гидротермальных условиях до сих пор известно лишь малое количество работ [13,14]. Брукит обычно синтезируется в виде примеси в составе образца. В работе [13] TiO_2 в модификации брукита синтезировали при использовании растворов сульфата титанила TiOSO_4 и хлорида титанила TiOCl_2 . Синтез осуществляли в двух случаях при добавлении к этим водным растворам по каплям в соотношении 1:5 раствор NaOH до $\text{pH}=8$. Полученные коллоидные растворы подвергали гидротермальной обработке при температурах $200-300^\circ\text{C}$ в течение 24 час. В обоих случаях образовывался белый порошок. По данным рентгенофазового анализа определили, что кристаллическая фаза брукита образуется при гидротермальной обработке выше 250°C растворов из TiOSO_4 .

Таким образом, можно отметить, что преимуществами гидротермального метода являются возможность синтеза кристаллов веществ, нестабильных вблизи температуры плавления и крупных кристаллов высокого качества. При использовании этого метода условия синтеза можно плавно изменять в достаточно широких пределах, что в свою очередь приводит к направленному синтезу различных модификаций, характеризующихся определенными размерами высокодисперсных частиц [7]. Возможность регулирования параметров синтеза (температуры, давления, продолжительности, величины pH и др.) позволяет существенным образом влиять на состав, степень дисперсности и морфологию продуктов гидротермального синтеза. Недостатками данного метода являются дороговизны оборудования и невозможности наблюдения за кристаллами в процессе роста.

Литература

1. Y. Yalcin, M. Kilic, Z. Cina, Fe^{+3} -doped TiO_2 : A combined experimental and computational approach to the evaluation of visible light activity, *Applied Catalysis* 99 (2010) 469–477.
2. Yin, H. Hydrothermal synthesis of nanosized anatase and rutile TiO_2 using amorphous phase TiO_2 / H. Yin, Y. Wada, T. Kitamura // *Journal of Material Chemistry*. - 2001. - V.11. - P. 1694-1703.
3. Xu, J. Solvothermal Synthesis of Monodisperse PbSe Nanocrystals / J. Xu, J. P. Ge, Y. D. Li // *J. Phys. Chem. B* – 2006. – V. 110, N. 6. – P. 2497-2501.
4. Li, X. L. Near Monodisperse TiO_2 Nanoparticles and Nanorods / X. L. Li, Q. Peng, J. X. Yi, X. Wang, Y. D. Li // *Chem.sEur. J.* – 2006. – V. 12, N. 8. – P. 2383-2391.
5. Кузнецов В.А. Кристаллизация Окислов Металлов Подгруппы Титана (TiO_2 , ZrO_2 , HfO_2). Исследование Процессов Кристаллизации. М. Наука, Москва, 1970, С. 43-54.
6. H. Nishizawa, Y. Aoki. The Crystallization of Anatase and the Conversion to Bronzetype TiO_2 under Hydrothermal Conditions. // *J. Solid State Chem.*, 1985, V. 56, P. 158- 165.
7. Ch. Wang, J.Y Ying. Sol-Gel Synthesis and Hydrothermal Processing of Anatase and Rutile Titania Nanocrystals. // *Chem. Mater.*, 1999, V. 11, P. 3113-3120.
8. S. Ito, S. Yoshida, T. Watanabe. Preparation of Colloidal Anatase TiO_2 Secondary Submicroparticles by Hydrothermal Sol-Gel Method. // *Chem. Lett.*, 2000, N 1, P. 70- 71.
9. Hydrothermal synthesis of TiO_2 nanopowders from tetraalkylammonium hydroxide peptized sols / J. Yang, S. Mei, J.M.F. Ferreira // *Materials Science and Engineering: C*. 2001. V. 15. № 1 -2. P. 183-185.
10. T. Kasuga, M. Hiramatsu, A. Hoson, T. Sekino, K. Niihara. Titania Nanotubes Prepared by Chemical Processing. // *Adv. Mater.*, 1999, N 15, P.1307-1311.
11. H. Du, Q. Chen, R.C. Che, Z.Y. Yuan, L.M. Peng. Preparation and Structure Analysis of Titanium Oxide Nanotubes. // *Appl. Phys. Lett.*, 2001, V. 79, P. 3702-3704.

12. S. Uchida, R. Chiba, M. Tomiha, N. Masaki, M. Shirai. Synthesis and Characterization of Nanotube TiO₂ and the Utilization as the Electrode of Dye-Sensitized Solar Cells. // *Electrochem.*, 2002, V. 70, P. 418-421.

13. Z. Yanqing, S. Erwei, C. Suxian, L. Wenjun, H. Xingfang. Hydrothermal Preparation and Characterization of Brookite-type TiO₂ Nanocrystallites. // *J. Mater. Sci. Lett.*, 2000, V. 19, P. 1445-1448.

14. Y.Q. Zheng, E.W. Shi, S.X. Cui, W.J. Li, X.F. Hu. Hydrothermal Preparation of Nanosized Brookite Powders. // *J. Am. Ceram. Soc.*, 2000, V. 83, N 10, P. 2634-2640.

К ВОПРОСУ ВЫБОРА РЕЖИМА СИНХРОНИЗАЦИИ МОД В ЛАЗЕРАХ НА КВАНТОВЫХ ТОЧКАХ

Х.Гафуров

Государственное образовательное учреждение “Худжандский государственный университет имени академика Бободжона Гафурова”

Email: microwavetgu@gmail.com

Активная среда на основе квантовых точек применяется для создания лазерных источников излучения в инфракрасной области, и являются важным звеном систем телекоммуникации и цифровых вычислений. Создание квантовых точек в полупроводниковых структурах открывает уникальные возможности повышения скорости обработки информации, а также создания квантовых процессоров. Предельные характеристики скорости, времени и объема обработки информации в таких процессорах определяются такими значениями как скорость фотона, выражение каждого бита информации одним фотоном и большого объема информации в виде интерференции последних. Квантовые точки являются основным претендентом для создания фотонного компьютера, где информация будет представлена и обработана в виде фотонов и их суперпозиции.

В связи с этим процесс формирования информации в виде сверхкороткого импульса, на сегодняшний день, является одной из актуальных вопросов систем передачи и обработки информации. Такими устройствами являются лазеры на основе квантовых точек работающих в режиме синхронизации продольных мод. Такой режим генерации лазера изучалось достаточно подробно в разных лазерных структурах позволяющие достичь самых высоких характеристик, как по времени, так и по энергетике и устойчивости. Следует отметить, что по своим свойствам активные среды лазера на квантовых точках близки к активным средам других лазеров. Поэтому результаты исследований синхронизации продольных мод газовых лазеров и лазеров на красителях могут быть использованы для выбора оптимальных режимом генерации и для лазеров на квантовых точках.

Теория режима генерации сверхкоротких световых импульсов развита многими авторами [1-4], где используются в основном два подхода. Наибольшее соответствие полученных результатов экспериментальных исследований отмечается в теоретической модели [4] развитой для случая кольцевого резонатора. Физические процессы, учитываемые в данной модели, носят фундаментальный характер для всех конфигураций непрерывных лазеров, что и отмечается для линейного резонатора лазера с пассивной и комбинированной синхронизации мод [5-7]. Другим, немаловажным обстоятельством использования данной теоретической модели, является полученные аналитические решения дифференциальных уравнений процесса генерации сверхкоротких световых импульсов.

Зависимость длительности импульса, умноженного на полосу пропускания внутрирезонаторного спектрального фильтра, определяется алгебраической формулой

$$\tau = \sqrt{\frac{2}{5 \cdot q_0}} * \frac{4}{m \cdot \varepsilon} \quad , \quad (1)$$

а его энергия

$$\varepsilon = \frac{3 \cdot m \cdot q_0 - g_0(1+2 \cdot \Delta)}{\left(\frac{15}{2}\right) \cdot m^2 \cdot q_0} + \sqrt{\left(\frac{3 \cdot m \cdot q_0 - g_0(1+2 \cdot \Delta)}{\left(\frac{15}{2}\right) \cdot m^2 \cdot q_0}\right)^2 + \frac{g_0 - q_0 - k_0}{\left(\frac{15}{8}\right) \cdot m^2 \cdot q_0}} \quad , \quad (2)$$

где $\Delta = \left(\exp\left(\frac{L}{2 \cdot T_a}\right) - 1\right)^{-1}$, L - длина резонатора, T_a – время восстановления поглотителя, g_0 – ненасыщенный коэффициент усиления, q_0 - ненасыщенный коэффициент поглощения, k_0 – коэффициент линейных потерь резонатора, $m = \sigma^a / \sigma^b$ – отношение сечений оптических переходов поглотителя и усилителя. Уравнения (1) и (2) позволяют определить зависимость длительности и энергии импульсов в стационарном режиме генерации лазера при пассивной синхронизации продольных мод. При создании модели рассматривается произвольный вид лазера, имеющий насыщающийся усилитель и поглотитель. Поэтому результаты расчета могут быть использованы для разных типов лазера имеющего возможность непрерывной генерации.

В лазерах с пассивной синхронизацией продольных мод главными параметрами управления, имеющие практическое применение, являются величины усиления и поглощения для слабого сигнала. Эти параметры хорошо известны как ненасыщенные значения коэффициента усиления и поглощения. Расчеты показали, что существуют определенные значения этих величин, при которых лазерное излучение имеет строгую периодическую последовательность коротких световых импульсов. Также было установлены наличие нижней и верхней границ существования режима синхронизации мод [6]. Однако временные и энергетические характеристики имеют большое практическое значение.

Условием превышения порога генерации, для лазерной системы имеющего усилитель, поглотитель и источники линейных потерь является выполнение следующего неравенства:

$$g = g_0 - q_0 - k_0 \geq 0 \quad (3)$$

Условие существования синхронизации продольных мод непрерывного лазера определяются выполнением еще двух других неравенств. Режим пассивной синхронизации продольных мод непрерывного лазера обеспечивается процессами насыщения как усиливающей, так и поглощающей среды. Для того, чтобы излучение лазера состоял из периодической последовательности одиночных коротких световых импульсов нужны два условия. Во-первых, до светового импульса значение насыщенного усиления должно быть отрицательным.

$$g_i = g_0 - q_0 - k_0 - g_0 \cdot \Delta \cdot \varepsilon \leq 0 \quad (4)$$

Во-вторых, после светового импульса, также значение насыщенного усиления должна становиться отрицательным.

$$g_f = g_0 - q_0 - k_0 + \varepsilon \cdot [3 \cdot m \cdot q_0 - g_0 \cdot (1 - \Delta)] - 5 \cdot \varepsilon^2 \cdot m^2 \cdot q_0 \leq 0 \quad (5)$$

Выполнение условий (4) и (5) исключают условие появления дополнительных световых импульсов в периоде. Однако в пределах светового импульса усиление превышает значений поглощения и линейных потерь. Таким образом, условия (3),(4) и (5) определяют условие генерации лазера в режиме периодической последовательности

коротких световых импульсов. Для непрерывного лазера имеющего усиливающего и поглощающего элемента, такой режим называется пассивной синхронизацией продольных мод. Слово «пассивная» применяется для указания роли процессов происходящих в самих элементах лазера, при установлении режима синхронизации продольных мод.

Были проведены расчеты зависимости длительности световых импульсов от величины усиления - g_0 для заданных значения поглощения и потерь, с целью определения условия их минимума. Результаты приведены на Рис.1 , где имеются две кривые, полученные для нижней - $g_f = 0$ и верхней - $g_i = 0$ границы, области существования, режима синхронизации продольных мод.

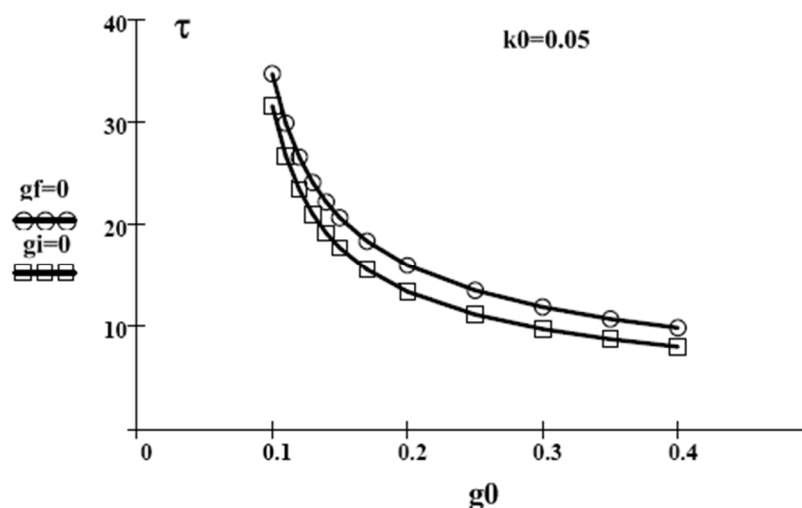


Рисунок 1 - Зависимость длительности световых импульсов от коэффициента усиления для нижней ($g_f=0$) и верхней ($g_i=0$) границы области синхронизации мод

Вторая кривая проходит ниже, что означает достижение более коротких длительностей световых импульсов. Обе кривые имеют общую тенденцию выхода на некоторое насыщение, где дальнейшее увеличение усиления и поглощения мало укорачивают длительность световых импульсов. Это, скорее всего ограничение, связанное с полосой пропускания внутрирезонаторного спектрального фильтра и носит закономерный характер объясняющий достижение предельного количества синхронизованных продольных мод размещаемых в пределах данной полосы. Аналогичные зависимости наблюдаются в реальных лазерных системах, где предельная длительность световых импульсов ограничиваются спектральной шириной излучения. Минимальная длительность световых импульсов, действительно, достигаются при наибольшем усилении и вблизи от верхней границы области существования.

Практическое применение излучения лазера всегда предполагает достижения хороших энергетических характеристик световых импульсов. С этой целью были проведены расчеты зависимости энергии световых импульсов от величины усиления, для заданного поглощения и потерь. Результаты, приведенные на рис.2 показывают, что при росте усиления - α_0 рост энергии импульсов - $E_{имп}$ замедляется и выходит на некоторое насыщение. Достижение более высоких энергий возможна за счет увеличения поглощения , аналогично зависимости смещения верхней границы показанной в работе [6].

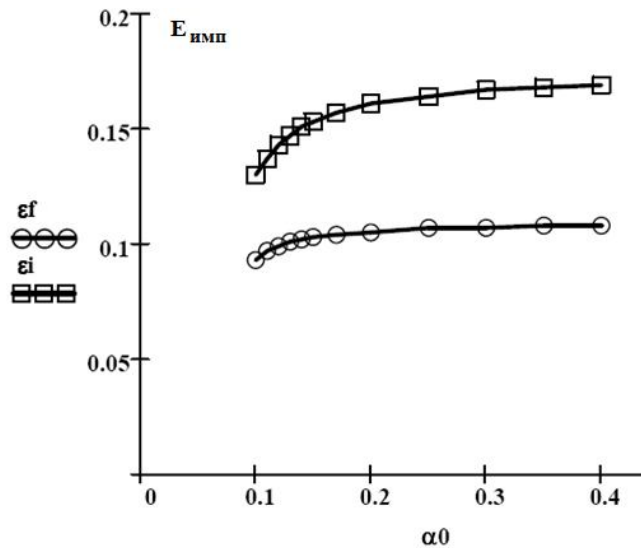


Рисунок 2 - Зависимость энергии световых импульсов от коэффициента усиления для нижней (ϵ_f) и верхней (ϵ_i) границы области синхронизации мод

Сравнение результатов рис.1. и рис.2 дает основание утверждать, что энергетическая зависимость оказалась более сильной, чем временная, которая объясняется более весомостью процессов насыщения. Таким образом, наравне с такими параметрами, как коэффициент усиления и поглощения, решающую роль играет правильный выбор параметра $m = \sigma^a / \sigma^b$ определенная как отношение сечений оптических переходов поглотителя - σ^a и усилителя - σ^b . Теоретически и экспериментально установлено, что значение этого параметра должна быть больше единицы [6]. При рассмотрении работы лазера, мы, на самом деле, имеем дело с оптическим взаимодействием электромагнитного поля со средой поглотителя и усилителя. В этом процессе, кроме параметра m , нужно учитывать параметры электромагнитного поля, внутри объема поглотителя и усилителя. Объемы пространства электромагнитного поля в среде усилителя - $L_b * A_b$ и поглотителя - $L_a * A_a$, определяются геометрическими размерами резонатора (поперечные сечения оптических пучков внутри усилителя - A_b и поглотителя - A_a , протяженностью усилителя - L_b и поглотителя - L_a). В этом заключается разница между теоретической моделью и реальной лазерной системой, где имеет место взаимодействие электромагнитной волны с ансамблем атомов и молекул внутри объема, размеры которого определяются геометрическими параметрами резонатора. По этому, на практике, мы имеем более сложную конфигурацию параметра m , которую можно выразить следующим образом.

$$S = \frac{w_a}{w_b} * m = \frac{\frac{W_a}{L_a * A_a}}{\frac{W_b}{L_b * A_b}} * m = \frac{W_a * L_b * A_b}{W_b * L_a * A_a} * m \quad (6)$$

Эта формула используется разными авторами в более упрощенной форме, к которым можно прийти с определенными приближениями. В частности если предположить, что длина поглотителя и усилителя одинаковы или они являются смесью веществ с разными свойствами, то получим следующую формулу.

$$S = \frac{W_a * A_b}{W_b * A_a} * m \quad (7)$$

Далее можно предположить, что вся энергия электромагнитного поля сосредоточена в пределах короткой длительности светового импульса, и мы имеем суперпозицию продольных мод лазера, то энергии поля внутри усилителя и поглотителя можно считать одинаковыми $W_a \approx W_b$, на основании которого можно было бы написать.

$$S = \frac{A_b}{A_a} * m$$

Однако существует еще один очень важное условие, которое определяется конфигурацией резонатора лазера. Это взаимное местоположение усилителя и поглотителя внутри резонатора, поскольку период генерируемых импульсов очень сильно зависит от этого [5]. Могут формироваться один или несколько импульсов на периоде обхода резонатора лазера. Наиболее устойчивыми являются условия, когда световые импульсы встречаются («сталкиваются») в поглотителе и по отдельности проходят усилитель. На основе этих данных практических работ можно предположить, что реализуется условие $W_a \approx \alpha * W_b$ и реально мы имеем случай, когда можно написать параметр S в следующем виде.

$$S = \alpha * \frac{A_b}{A_a} * m = \alpha * \frac{A_b}{A_a} * \frac{\sigma^a}{\sigma^b} > 1 \quad (8)$$

Приведенное условие (8) является критерием достижения режима синхронизации мод в лазерах с насыщающимся поглотителем внутри резонатора. Значение параметра α может быть в пределах от 1 до 2.

Экспериментальное подтверждение этого условия был подтвержден в результатах наших исследований аргонового лазера [5] и лазера на красителе [6] согласно которым доказано существования критерия выбора оптических сечений поглотителя для заданного усилителя в виде следующего неравенства

$$\frac{\sigma^a}{\sigma^b} > 1$$

Видно, что это условие соответствует формуле (8) когда размеры геометрических сечений пучков в усилителе и поглотителе одинаковы $A_b = A_a$ и $\alpha = 1$. Это действительно так, поскольку в нашем эксперименте был использован одна струя раствора с усиливающей и поглощающей средой, а одинаковые условия взаимодействия для каждого светового импульса соответствует выполнению $\alpha = 1$. Важно отметить, что условие (8) указывает на возможность влияния достаточно многих параметров лазерной системы на достижение режима синхронизации мод с насыщающимся поглотителем. Для создания условия синхронизации продольных мод, кроме выбора оптических параметров, можно выбрать геометрию и конфигурацию резонатора лазера.

Таким образом, мы приходим к выводу, что результаты численных расчетов адекватно определяют условия выбора нужного параметра в режиме синхронизации продольных мод непрерывного лазера с насыщающимся поглотителем внутри резонатора.

Литература

1. Звелто О. Введение в физику лазеров // М.: Мир, 1979.–558 с.
2. Haus H.A. Theory of mode locking with fast saturable absorber// Journal of Applied Physics. 1975.vol 46. №7. P.3049-3058.
3. Martinez O.E., Fork R.L., Gardon J.P. Theory of passive mode-locked lasers for case of a non-linear complex-propagation coefficient// J. Opt. Soc. of Am. 1985. vol.2 №5. P.753-760.
4. Kuhlke D., Rudolph W., Wilhelm B. Influence of transient absorber gratings on the pulse parameters of passively mode-locked cw dye ring lasers// Appl.Phys.Letters. 1983.vol. 42(4). №15. P. 325-327.
5. Виноградова А.А., Криндач Д.П., Назаров Б.И., Цапенко А.М. Получение пикосекундных импульсов генерации лазера на красителе, возбуждаемого излучением аргонового лазера с пассивно синхронизованными модами // Квантовая электроника - 1972 – Т.7 - №1 – С.219- 221

6. Гафуров Х.Г., Криндач Д. П., Нежаенко В. А., Яковлев А. Г. Повышение стабильности непрерывного лазера на красителе с синхронным возбуждением при введении нелинейного поглотителя // Квантовая электроника - 1985 – Т.6 - №12 – С.1279-1282

7. Гафуров Х.Г., Тошходжаев Х.А. Механизм высокой стабильности временной структуры лазера с синхронизацией мод // Изв. акад. наук РТ Тадж. – 2020 – т.178 - №1 – С. 57 - 64

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ ГИББСА СПЛАВОВ СВИНЦА С НЕКОТОРЫМИ ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ (O, Al, Si, S, Ga, Rb, U)

Ходжаев Ф.К.

*Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ, Душанбе, Таджикистан
E-mail: firuz1083@mail.ru*

В работе в приближении теории регулярных растворов рассчитаны термодинамические свойства компонентов из экспериментально построенных диаграмм состояний Pb-O, (Al, Si, S, Ga, Rb, U). Диаграммы состояния этих систем представляют собой монотектический тип с наличием расслаивания и областей гомогенности.

Исходя из проделанного анализа существующих сведений в настоящем сообщении сделано, попытка построить полные диаграммы состояния этих систем с учетом нонвариантных превращений со стороны блоков взаимодействующих компонентов. Полученные результаты способствуют в последующем произвести расчет полных диаграмм состояния систем свинца с отдельными элементами ПТ, которые являясь фундаментальной основой процессов сплавообразования, могут быть полезны для разработки различных металлургических процессов. Например, можно разработать технологию проведения того или иного ликвационного процесса.

Опытные данные по термодинамическим свойствам компонентов систем свинец-ПТ отсутствуют. В связи с этим мы попытались получить эти значения методом расчёта с использованием термодинамических представлений. В этом случае единственным источником для информации к настоящему времени является диаграмма состояния.

Диаграммы состояния систем свинца с некоторыми элементами ПТ (Pb-O, Pb-Al, Pb-Si, Pb-S, Pb-Ga, Pb-Rb и Pb-U) построены и представляют собой диаграммы с наличием расслаивания, областей гомогенности и с образованием химических соединений [1, 2]. Для определения термодинамических свойств, использовали приближение регулярных растворов, которое позволяет рассчитать эти характеристики из построенных диаграмм состояния [3-5].

Для взаимно несмешивающихся систем в состоянии равновесия химические потенциалы взаимодействующих компонентов в двух сосуществующих фазах равны:

$$\mu'_1 = \mu''_1 \text{ и } \mu'_2 = \mu''_2, \quad (1)$$

где штрихи сверху обозначают номер фазы, а индексы внизу - номер компонента.

Значения химических потенциалов компонентов в несмешивающихся системах находятся из соотношений:

$$\mu_1 = \mu_1^0 + RT \ln x_1 + x_2^2 (Q_1 - Q_2) + 2x_2^3 Q_2, \quad (2)$$

$$\mu_2 = \mu_2^0 + RT \ln x_2 + x_1^2 (Q_1 + 2Q_2) - 2x_1^3 Q_2, \quad (3)$$

где x_1 и x_2 – мольные доли; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; Q_1 и Q_2 – константы межчастичного взаимодействия.

Подставляя выражения (2) и (3) в равенство (1) получим:

$$RT \ln x_1'/x_1'' + [(x_2')^2 - (x_2'')^2] (Q_1 - Q_2) + 2Q_2 [(x_2')^3 - (x_2'')^3] = 0, \quad (4)$$

$$RT \ln x_2''/x_2' + [(x_1'')^2 - (x_1')^2] (Q_1 + 2Q_2) - 2Q_2 [(x_1'')^3 - (x_1')^3] = 0, \quad (5)$$

где $x_1' + x_2' = 1$ и $x_1'' + x_2'' = 1$.

В (1)-(5) входят параметры, которые нетрудно определить, используя данные о фазовых равновесиях в системах Pb-O, Pb-Al, Pb-Si, Pb-S, Pb-Ga, Pb-Rb и Pb-U. Значения констант межчастичного взаимодействия рассчитали из условия равенства химических потенциалов компонентов в равновесных жидкостях при температуре монотектического равновесия.

В качестве примера ниже подробно рассматриваются расчёты по диаграмме состояния системы Pb-Si, из которой можно видеть, что $x_2' = 0.0150$; $x_2'' = 0.9750$ и $T_M = 1675$, откуда после совместного решения уравнений (4) и (5) получим $Q_1 = 60146$ и $Q_2 = -6645$ Дж/г-ат.

На основании уравнений (4) и (5) для коэффициентов активности компонентов в системе Pb-Si при температуре монотектики 1675 К имеем:

$$\ln f_{Pb} = 4.79 (1 - x_{Pb})^2 - 0.95 (1 - x_{Pb})^2, \quad (6)$$

$$\ln f_{Si} = 3.36 (1 - x_{Si})^2 + 0.95 (1 - x_{Si})^2. \quad (7)$$

Рассчитанные по уравнениям (6) и (7) кривые активности свинца и кремния с учётом, $a = f \cdot x$ при температуре монотектического равновесия показаны на рисунке 1. Можно видеть, что в системе наблюдаются большие положительные отклонения от закона Рауля.

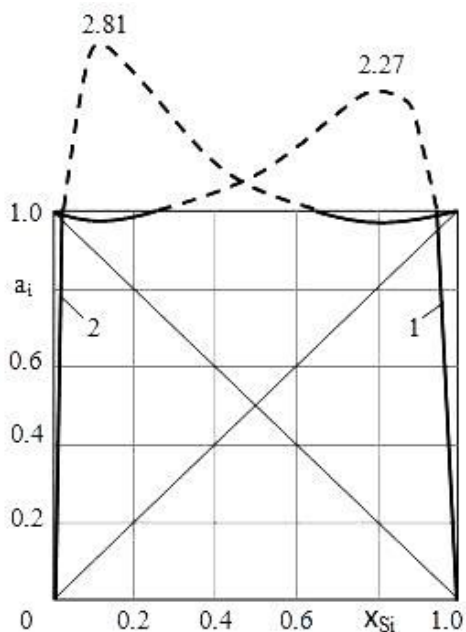


Рисунок 1. Зависимость активности (a_i) свинца (1) и кремния (2) в системе Pb-Si от концентрации (x_{Si}).

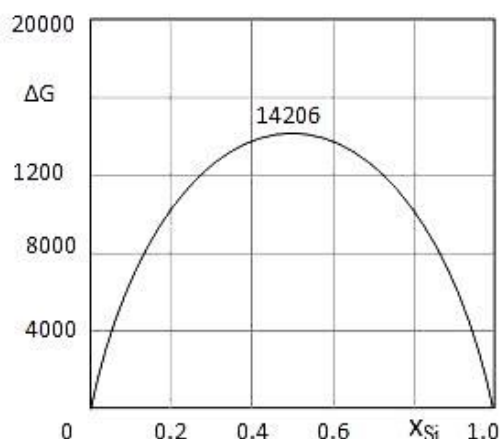


Рисунок 2. Зависимость избыточной энергии Гиббса (ΔG , Дж/г-ат.) от концентрации (x_{Si}) в системе Pb-Si.

Для концентрационной зависимости избыточной свободной энергии Гиббса получили следующее уравнение (при $\Delta G = \Delta H \neq 0$):

$$\Delta G^{изб} = \Delta H_{см} = 60146 x_{Pb} \cdot x_{Si} - 6645 x_{Pb} \cdot x_{Si}^2. \quad (8)$$

Результаты расчётов по уравнению (8) показаны на рисунке 2. Отсюда можно заключить, что сплавление свинца и кремния должно происходить со значительным поглощением тепла. Подобные расчеты получены для всех систем Pb-ПМ Pb-O, Pb-Al, Pb-Si, Pb-S, Pb-Ga, Pb-Rb и Pb-U.

Полученные результаты могут быть полезны в практике различных металлургических процессов, при разработке новых состава, легировании и модифицировании сплавов цветных и чёрных металлов.

Литература

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. акад. РАН Н.П.Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996, 1997, 2001, Т. 1-3, 992, 1024, 1320 с.
2. Бурьлёв Б.П. Термодинамика металлических растворов внедрения. Ростов-на-Дону: Ростовский университет, 1984, 160 с.
3. Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Ходжаев Ф.К. Влияние добавок лития на коррозионно-электрохимическое поведение свинцового баббита БЛ (PbSb15Sn10Li) в среде электролита NaCl // Вестник Казанского государственного технического университета. 2022. №1. им. А.Н. Туполева. – С. 7-12.
4. Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Ходжаев Ф.К., Одиназода Х.О. Влияние добавок калия на анодную устойчивость свинцового баббита БК (PbSb15Sn10K) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2022. №1. – С. 52-63.
5. Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Ходжаев Ф.К. Потенциодинамическое исследование свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), с натрием, в среде электролита NaCl // Ползуновский вестник. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». 2022. №1. – С. 126-133.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ В МОНОКРИСТАЛЛЕ GaP

¹Арзикулов Э.У., ¹Салахитдинов Ф., ²Холмуродов Ф. ¹Ташбоев М.

¹Самаркандский Государственный Университет им. Ш. Рашидова
140104, г. Самарканд, Университетский бульвар 15, Республики Узбекистан.

²ФТИ им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистан.

E-mail: salofazlitdin0@gmail.com

Оптические свойства монокристаллического фосфида галлия к настоящему времени детально изучены. Он, как и кремний, является не прямозонным полупроводником. Процесс получения пористого GaP с помощью метода электрохимического травления вполне аналогичен случаю пористого кремния. Поэтому информация об изменении свойств фосфида галлия при его переходе от объемного полупроводника к низко размерной фазе интересна как сама по себе, так и для возможности сравнения свойств монокристалла GaP.

Поверхностное комбинационное рассеяние является интригующим эффектом, эффективность которого зависит от многих факторов (температура, напряжения, облучения). Интенсивность положение и ширина полосы комбинационного рассеяния дают ценную информацию об их размерах, при разных напряжениях и температурах и облучениях.

Нами были изучены спектры КРС пластины монокристаллах фосфата галлия с кристаллографическим направлением [111] и [100] толщиной 200 мкм на InVia Raman Spectrometer, производства компании «Renishaw» (Великобритания) (см. рисунок 1). Исследуемые образцы представляли собой ориентированные кристаллы. В качестве источника возбуждения использовался Cobolt CW 532 nm DPSS лазер с длиной волны излучения 532 нм и номинальной мощностью 50 мВт. В процессе измерений использовалась дифракционная решётка с периодом 1800 линий/мм, а в качестве регистрирующего устройства – штатный детектор Renishaw CCD Camera.



Рисунок 1 – Общий вид InVia Raman Spectrometer

Лазерный луч фокусировался на поверхность образцов в пятно диаметром 10 мкм. Мощность излучения на поверхности образца варьировалась в зависимости от величины выходного сигнала на детекторе. Объектив со 100-кратным увеличением использовался для фокусировки возбуждающего света, а также для сбора рассеянного света. Время экспозиции составляло 10 секунд, при этом измерения проводились в режиме “extended”, которое позволяет проводить измерения в требуемом спектральном диапазоне длин волн.

Длина волны возбуждения выбиралась с тем, чтобы уменьшить глубину проникновения света и предотвратить регистрацию спектра подложки, а небольшая мощность связана для избежание кристаллизации образца под действием света. Образец помещался в фокальной плоскости объектива микроскопа, в котором служил для фокусировки лазерного пучка и сбора рассеянного излучения.

Были получены спектры КР двух типов пластинки монокристаллических образцов фосфида галлия с ориентацией поверхности [111] и [100]. Спектры КР регистрировались на 180° геометрий рассеяния. На рис. 2(a,b) представлены полученные спектры КР соответственно для образца с ориентацией поверхности [111] и [100] при температуре 300 К. Как видно из рис. 2а, в спектре КР с ориентацией поверхности [111] проявляются лишь максимум, обусловленный продольным оптическим фононом (LO).

При исследовании спектра образца с ориентацией поверхностью [100] наблюдались два максимума в спектре. Наиболее высокочастотный максимум соответствует возбуждению в КР продольного оптического фонона (LO); другой максимум с более низкой частотой соответствует поперечному оптическому фонону (TO). Такой факт хорошо согласуется с правилами отбора КР для LO и TO-фононов с учетом вида тензора КР фосфида галлия при обсуждаемой геометрии рассеяния и закона сохранения квазиимпульса в элементарном процессе КР.

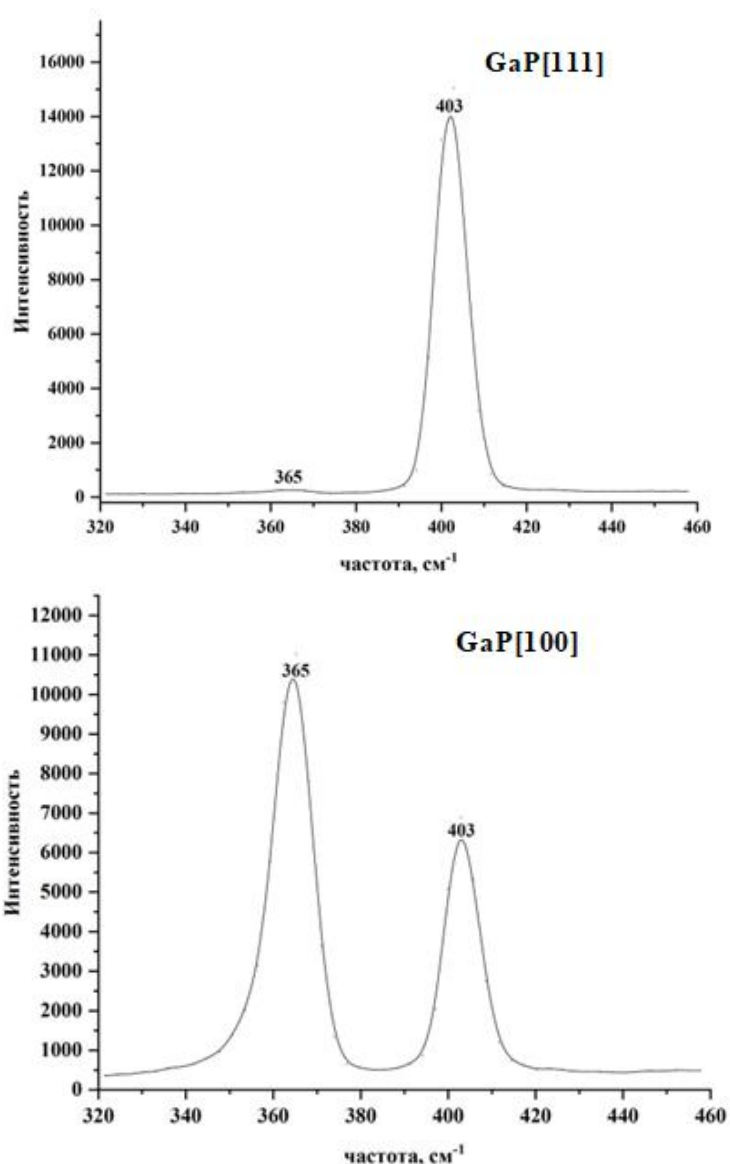


Рисунок 2 - Спектры КР в фосфиде галлия с ориентацией поверхности [111] и [100] при 300 К

Наблюдаемая полуширина линии КР на ТО-фононе составила около 8 см^{-1} при комнатной температуре. Соответственно ширина линии КР на LO-фононе составила около 5 см^{-1} при комнатной температуре.

Абсолютная интенсивность рассеяния в максимуме линий увеличивается приблизительно в 2.3 раза. Вытянутое низкочастотное крыло ТО-линии при температуре 300 К обусловлено сильной частотной зависимостью затухания ТО-фонона вследствие близости комбинационной полосы рассеяния на TA+LA фононах в X точке зоны Бриллюэна, расположенной в области 360 см^{-1} [1].

Литература

1. В.С. Горелик. Исследование связанных и континуальных колебательных состояний диэлектрических кристаллов методом комбинационного рассеяния света. В сборнике «Комбинационное рассеяние света и динамика кристаллической решетки», гл. ред. Н.Г. Басов, Труды Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР, Изд. «Наука», Москва (1982) т.132, С. 46.

ВКЛАД РЕЛАКСАЦИИ ПОТОКА ТЕПЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНОЙ ГАРМОНИКИ НЕЛИНЕЙНОГО ФОТОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ

Ходжаев Ю.П., Салихов Т.Х., Сулаймонов А.Э., Махмалатиф А.

Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

E-mail: tsalikhov@mail.ru

Математическая модель нелинейной задачи - определения вклада релаксации потока тепла в характеристики первых двух гармоник нелинейного фотоакустического (ФА) сигнала в однослойных твердотельных образцах была предложена в [1], а в [2] рассмотрены особенности возбуждения второй гармоники этого сигнала. Отметим, что в [3-6] достаточно подробно изучены различные аспекты возбуждения первых двух гармоник нелинейного ФА – сигнала различными твердотельными одно- и двухслойными образцами, а в [7] этот вопрос исследован с привлечением гиперболической уравнение теплопроводности. Однако вопрос о вкладе релаксации потока тепла в параметры основной гармоники (ОГ) нелинейного ФА – сигнала до сих пор оставался не исследованным. Восполнение этого пробела и является целью настоящей работы.

Исходим из следующей системы уравнений для ОГ нелинейной составляющей колебания температуры [1]:

$$\frac{\partial^2 \Phi_{1Ng}(x, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_g^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{1Ng}(x, t)}{\partial t} = -(\delta_{2g} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\delta_g}{\chi_g^{(0)}} \frac{\partial}{\partial t}) [T_{0g}(x) \Phi_{Lg}(t, x)], \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Phi_{1Ns}(x, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_{1s}^{(0)}} \left[\frac{\partial \Phi_{1Ns}(x, t)}{\partial t} + \tau \frac{\partial^2 \Phi_{1Ns}(x, t)}{\partial t^2} \right] = -\left\{ \delta_{2s} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\delta_s}{\chi_s^{(0)}} \frac{\partial}{\partial t} \left[1 + \tau \frac{\partial}{\partial t} \right] (T_{0s}(x) \Phi_{Ls}(x, t)) \right\} - \\ - \frac{I_0 A_s^{(0)} \beta^{(0)} e^{\beta^{(0)} x}}{2k_s^{(0)}} \times \delta_3 \left(1 + \tau \frac{\partial}{\partial t} \right) [e^{i\omega t} \Theta_0 + \Phi_{Ls}(0, t)] \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_{1Nb}(x, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_b^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{1Nb}(x, t)}{\partial t} = -(\delta_{2b} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\delta_b}{\chi_b^{(0)}} \frac{\partial}{\partial t}) [T_{0b}(x) \Phi_{Lb}(t, x)]. \quad (3)$$

Здесь I_0 , ω , $A^{(0)}$, β - интенсивность падающего луча, частота её модуляции, начальное значение поглотительной способности (степень черноты) и оптический коэффициент поглощения образца соответственно, $\chi_i^{(0)} = \kappa_i^{(0)} / C_{pi}^{(0)}$, $\kappa_i^{(0)}$, $C_{pi}^{(0)}$ - начальные значения температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости единицы объёма, τ - время релаксации потока тепла в образце, $\delta_i = (1/C_{pi}^{(0)}) (\partial C_{pi} / \partial T)$, $\delta_{2i} = (1/\kappa_{2i}^{(0)}) (\partial \kappa_i / \partial T)$, $\delta_3 = (1/A^{(0)}) (\partial A / \partial T)$ - термические коэффициенты величин C_{pi} , κ_i , A_s соответственно.

Необходимое выражение для линейной составляющей колебания температуры $\Phi_{Li}(x, t)$ получено в [8] и является обобщением результатов известной работы [9] и имеет вид

$$\Phi_{Lg}(x, \omega) = \frac{(1 + i\omega\tau_s) \beta I_0 e^{(\beta - \tilde{\sigma}_s)x} (r-1)(b+1)e^{\tilde{\sigma}_s l} - (r+1)(b-1)e^{-\tilde{\sigma}_s l} + 2(b-r)e^{-\beta l}}{2k_s^{(0)} (\beta^2 - \tilde{\sigma}_s^2) (g+1)(b+1)e^{\tilde{\sigma}_s l} - (g-1)(b-1)e^{-\tilde{\sigma}_s l}}, \quad (4)$$

$$\Phi_{Ls}(x, \omega) = 0.5rE[(G+1)e^{\tilde{\sigma}_s x} + (G-1)e^{-\tilde{\sigma}_s x}], \quad (5)$$

$$\Phi_{Lb}(x, \omega) = 0.5b^{-1}rE[(G+1)e^{\tilde{\sigma}_s(x+l_s)} + (G-1)e^{-\tilde{\sigma}_s(x+l_s)} + e^{-\beta(x+l_s)}]. \quad (6)$$

Здесь

$$E = \frac{(1+i\omega\tau_s)\beta I_0 \exp(\beta x)}{2k_s(\beta^2 - \sigma_s^2)}, \quad g = \frac{\sigma_g k_g}{\sigma_s k_s^{(0)}(1+i\omega\tau_s)}, \quad b = \frac{\sigma_b k_b}{\sigma_s k_s^{(0)}(1+i\omega\tau_s)},$$

$r = \beta(\tilde{\sigma}_s)^{-1}$, $\tilde{\sigma}_i^2 = i\omega(1+i\omega\tau_s)/\chi^{(0)}_i$, $\sigma_i = (1+i)/\mu_i$, $\mu_i = (2\chi^{(0)}_i/\omega)^{1/2}$ - начальное значение длины тепловой диффузии, $G = (e^{\tilde{\sigma}_s l_s} + \text{Re} e^{-\tilde{\sigma}_s l_s})/(e^{\tilde{\sigma}_s l_s} - \text{Re} e^{-\tilde{\sigma}_s l_s})$, а $R = (1-b)/(1+b)$ - коэффициент отражения тепловых волн.

Необходимые шесть граничных условий для решения системы (1)-(3) имеют следующий вид:

$$\Phi_{1Ns(1)}(t,0) = \Phi_{1Ng}(t,0), \quad \Phi_{1Ns}(t,-l_s) = \Phi_{1Ns}(t,-l_s), \quad \Phi_{1Nb}(t,-l_s-l_b) = \Phi_{1Ng}(t,l_g) = 0, \quad (7)$$

$$\left. \frac{\partial \Psi_{1g}(t,x)}{\partial x} \right|_{x=0} = \frac{\kappa_s^{(0)}}{\kappa_g^{(0)}} (1+\tau) \frac{\partial}{\partial t} \left. \frac{\partial \Psi_{1s}(t,x)}{\partial x} \right|_{x=0}, \quad \left. \frac{\partial \Psi_{1b}(t,x)}{\partial x} \right|_{x=-l_{s(1)}} = \frac{\kappa_s^{(0)}}{\kappa_b^{(0)}} (1+\tau) \frac{\partial}{\partial t} \left. \frac{\partial \Psi_{1s}(t,x)}{\partial x} \right|_{x=-l_{s(1)}}, \quad (8)$$

где $\Psi_{1i}(t,x) = \Phi_{1Ni}(t,x) + \delta_{2i} T_{0i}(x) \Phi_{Li}(t,x)$.

Граничные условия (8) указывают на то, что для решения сформулированной задачи необходимо иметь уравнения для функций $\Psi_{1i}(t,x)$. Учитывая наличие гармонического источника в правой части (2), а также то, что $\Phi_L(x,t) \approx \Phi_L(\omega,x) \exp(i\omega t)$, положим $\Psi_i(t,x) = \Psi_i(\omega,x) \exp(i\omega t)$. Тогда получим следующую систему уравнений для функций $\Psi_{1i}(\omega,x)$:

$$\frac{d^2 \Psi_{1g}(\omega,x)}{dx^2} - \sigma_g^2 \Psi_{1g}(\omega,x) = \frac{\sigma_g^2 (\delta_g - \delta_{2g}) T_{0g}(x) \Phi_{Lg}(\omega,x)}{2}, \quad (9)$$

$$\frac{d^2 \Psi_{1s}(\omega,x)}{dx^2} - \tilde{\sigma}_s^2 \Psi_{1s}(\omega,x) = \frac{\sigma_s^2 (\delta_s - \delta_{2s}) T_{0s} \Phi_{Ls}(\omega,x)}{2} - \frac{I_0 A_s^{(0)} \beta \delta_3 \exp[\beta x] (\Theta_0 + \Phi_{Ls}(\omega,0))}{2k_{2s}^{(0)}} (1+i\omega\tau_s), \quad (10)$$

$$\frac{d^2 \Psi_{1b}(\omega,x)}{dx^2} - \sigma_b^2 \Psi_{1b}(\omega,x) = \frac{\sigma_b^2 (\delta_b - \delta_{2b}) T_{0b} \Phi_{Lb}(\omega,x)}{2}, \quad (11)$$

где $\tilde{\sigma}_{2s}^2(\Omega_i) = i\omega(1+i\omega\tau_i)/\chi_i$.

Нами получено решение системы уравнений (9)-(10), а затем по известной схеме величину $\Phi_{1Ng}(\omega,x)$ и

$$\delta p_{1N}(\omega) = \frac{\mathcal{P}_0 2\pi\mu_{2g}}{T_0 I_g} \bar{\Phi}_{1Ng}(\omega) = \frac{\mathcal{P}_0}{T_0 I_g} \int_0^{2\pi\mu_{1g}} \Phi_{1N}(\omega,x) dx, \quad (12)$$

где $\delta p_{1N}(\omega)$ - нелинейный ФА сигнала на ОГ. Найдены явные выражения для амплитуды и фазы этого сигнала и выполнен численный расчет частотной зависимости этих параметров ПЭНП. Обнаружено резонансное поведение в этих зависимостях. Оказалось, что частотная зависимость амплитуды этого сигнала также существенно зависит от знака величины R и для случаев $R=1$ и $R=-1$ являются противофазными.

Литература

1. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П., Сулаймонов А.Э. Математическая модель оценки вклада релаксации потока тепла на нелинейный фотоакустический отклик твердотельных образцов//Известия Национальная Академия Наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук.-2023.-№2.- С.15-23.
2. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П., Сулаймонов А.Э. Особенности генерации второй гармоники нелинейного фотоакустического сигнала в конденсированных средах с релаксацией

- потока тепла. //Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2023.№3.
3. Салихов Т.Х., Мадвалиев У., Шарифов Д.М., Туйчиев Х.Ш. Влияние теплофизических свойств подложки на характеристики нелинейного фотоакустического сигнала непрозрачных сред // Журнал прикладной спектроскопии. 2019,Т.86, № 6.,С.908-916
 4. Салихов Т.Х., Мадвалиев У., Шарифов Д.М., Туйчиев Х.Ш. К теории генерации нелинейного фотоакустического сигнала при газомикрофонной регистрации // Журнал технической физики. 2021, Т.91, Вып.11, С.1608-1618.
 5. Gao R., Xu Zh., Ren Ya., Song L., Liu Ch. Nonlinear mechanism tool in photoacoustics-powerful tools in photoacoustic imaging/ //Photoacoustics.,2021.Vol.22.P.1-23.
 6. Проскурин М.А., Хабибулин В.Р., Усольцева Л.О., Вырко Е.А., Михеев И.В., Волков Д.С. Фототермическая и оптоакустическая спектроскопия: Современное состояние и перспективы //Успехи физических наук,2022, т.192, №3, с.294-340.
 7. Coleman D., Daniel Bernard, Newman C. Implications of a nonlinearity in the theory of second sound in solids. // Phys.Rev. B. 1988,Vol.37,№ 41, p.1492-1498.
 8. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П., Сулаймонов А.Э. О вкладе релаксации потока тепла в характеристики фотоакустического сигнала твердотельных образцов//Вестник Таджикского национального университета.Серия естественных наук 2023.№1.С.149–159.
 9. Rosencwaig A., Gersho A. Theory of the photoacoustic effect with solids // J.Appl Phys. 1976, Vol.47, No.1.,p.64–69.

COMPARATIVE STUDY OF THE STRUCTURAL STABILITY OF ZrO₂: PHASE TRANSITIONS AND FERMI LEVEL SHIFT

D.D. Nematov^{1,2 *}, **A.S. Burkhonzoda**^{1,2}, **Kh.T. Kholmurodov**^{3,4 *}, **A.I. Lyubchyk**⁵,
S.I. Lyubchyk^{5,6} and **S.B. Lyubchyk**^{5,6}

¹*Osimi Tajik Technical University, Dushanbe, 734042 Tajikistan*

²*S.U.Umarov Physical-Technical Institute of the NAS of Tajikistan*

³*Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow Region, 141980 Russia*

⁴*Dubna State University, Dubna, Moscow Region, 141980 Russia*

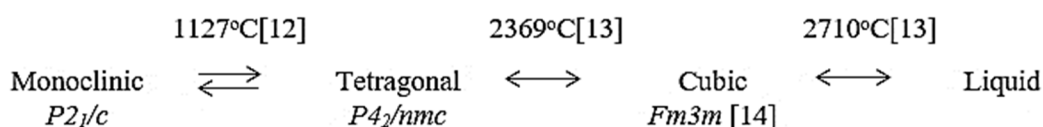
⁵*Universidade Lusofona, 1749-024 Lisboa, Portugal*

⁶*Faculty of Science and Technology Nova University, Lisbon, Portugal*

E-mail: dilnem@mail.ru

Zirconium (ZrO₂) is a white crystalline zirconium oxide. Its most naturally occurring form with a monoclinic crystal structure is the mineral baddeleyite. Dopant-stabilized cubic zirconia, cubic zirconia, is synthesized in various colors for use as a gemstone and diamond stimulant. ZrO₂ is a transition metal oxide with a wide band gap (5.0-5.5 eV), which is widely used due to its chemical and physical properties, such as excellent refractoriness and chemical resistance, good mechanical strength, high ionic conductivity, low thermal conductivity at high temperature and good thermal stability. It has many applications including solid state electrolytes, thermal barrier coatings, electro-optical materials and fuel cell technology [1], catalyst or catalyst support, oxygen sensor [2], ceramic biomaterial [3], and thermoluminescent UV dosimeter [4]. Recently, many research works have been focused on widely forbidden semiconductor compounds (n-type), such as: TiO₂, ZnO, CdS, etc. [5]. It is known that ZrO₂ nanostructures are very useful in obtaining piezoelectric, electrooptical, dielectric, and nanocomposite materials [6]. Due to the large surface area of ZrO₂, controlled pore size, and simple functionalization [7], mesoporous materials have opened up several new possibilities. ZrO₂ has been reported to have three distinct crystalline phases: monoclinic, tetragonal, and cubic.

Pure zirconium dioxide undergoes a phase transformation from monoclinic to tetragonal (at a temperature of about 1173°C), and then to cubic (about 2370°C), accompanied by a change in volume and, accordingly, their strength [8–10]:



For the use of zirconia in modern devices based on ion-conducting zirconium ceramics, it is important that the stabilized material has a sufficient level of conductivity and the desired mechanochemical stability in both oxidizing and reducing atmospheres. It is difficult to obtain a stable material from zirconia due to a noticeable change in volume during the phase transition. Stabilization of zirconium dioxide is carried out by replacing some of the Zr^{4+} ions with larger ions in the crystal lattice [11–14]. However, the very mechanism of stabilization of this material has not been fully studied and is still the subject of numerous discussions. Therefore, the comparative quantum-chemical calculations performed in this work are very useful for choosing a stable phase from the point of view of estimating the total energy and thermodynamic properties of the materials under study..

Ab initio calculations were carried out on the basis of the density functional theory [15]. All three modifications of ZrO_2 (Fig. 1(a-c)) were first relaxed using the GGA functionals (PBE) [16] and strictly bounded normalized potential (SCAN) [17]. To obtain the most accurate value of the ground state energy, the total energy was calculated within the framework of the GGA exchange-correlation potential, and SCAN was used to correctly estimate the lattice parameters. The calculations were carried out using the Vienna Ab-initio Simulation Package (VASP 6.4.1) [18]. The atomic orbitals O (2s, 2p), Zr (4d, 5s) were considered as valence electrons, and the remaining electrons were considered as nucleus electrons and remained frozen. The PAW method has been used to describe the interaction between valence electrons and electrons in the nucleus. The cutoff of the kinetic energy was fixed at the level of 600 eV, and all calculations were carried out taking into account spin-polarized effects.

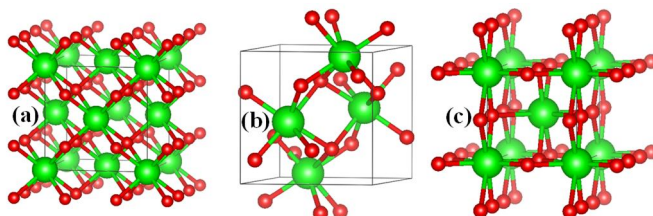


Figure 1 - Optimized models of the crystal lattice: a) cubic, b) monoclinic and c) tetragonal phases of ZrO_2 .

Structural stability and electron-phonon properties of ZrO_2 .

At the first stage of modeling, the structural and energy relaxation of pure ZrO_2 phases was carried out using the VASP package. To find the optimal cutoff energy for the ENCUT basis plane wave functions and the corresponding number of k-points in the Brillouin zone, we tested the convergence of the total unit cell energy as a function of ENCUT and KPOINTS..

The results of the k-point convergence test for ZrO_2 cubic phases are shown in Figure 2, performed for k-point meshing with an initial value of $\text{ENCUT} = 1.3 \cdot \text{ENMAX}$. Based on the results, we can conclude that for a $4 \times 4 \times 4$ k-point grid with the Monkroest-Pack scheme, it is optimal for the geometric relaxation of ZrO_2 . However, when calculating the electronic structure of these compounds, the number of k-points was at least doubled in order to obtain a better density of states (DOS).

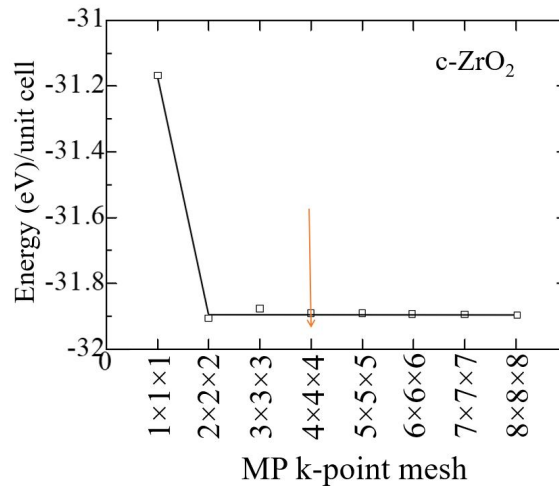


Figure 2 - The total energy of the c-ZrO₂ unit cell depending on the number of k-points under the condition ENCUT=1.3*ENMAX.

Similar tests were carried out to establish the cutoff energy, from which it can be seen that the choice of 600 eV is suitable for calculations, and a further increase in this energy increases the cost of the calculation without affecting its accuracy (Fig. 3). Therefore, all further calculations were carried out at ENCUT = 600 eV.

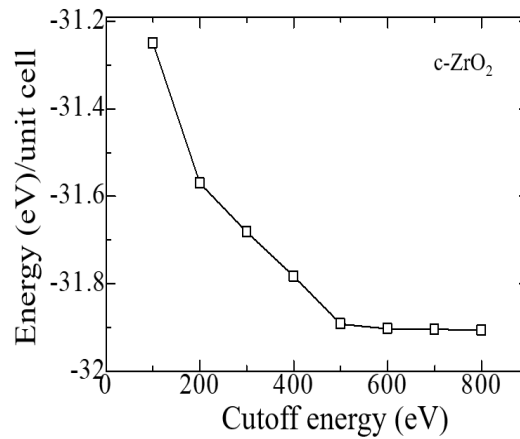


Figure 3 - Dependence of the total energy of the c-ZrO₂ unit cell on the cutoff energy (4 × 4 × 4 k-points).

Similar convergence tests were also carried out for the tetragonal and monoclinic phases of ZrO₂ using the GGA potential.

Table 1 compares the calculated values of the crystal lattice constants of the ZrO₂ phase, obtained using two exchange-correlation potentials, with the literature results.

Table 1 - Relaxed parameters of the ZrO₂ phase. The calculated results are compared with experimental and previous theoretical results.

	Lattice constants	This work		Another Calc. [23]	Exp.
		GGA	SCAN		
m-ZrO ₂ [P2 ₁ /c]	a (Å)	5.191	5.115	5.090	5.0950 ^[19]
	b (Å)	5.245	5.239	5.187	5.2116 ^[19]
	c (Å)	5.202	5.304	5.243	5.3173 ^[19]
	β°	99.639	99.110	99.432	99.230 ^[19]
	V (Å ³)	144.410	139.400	137.76	140.88 ^[19]
t-ZrO ₂ [P4 ₂ /nmc]	a=b (Å)	3.593	3.622	-	3.64 ^[20]
	c (Å)	5.193	5.275	-	5.27 ^[20]
	c/a	1.445	1.456	-	1.45 ^[20]
	V (Å ³)	67.05	69.214	-	69.83 ^[20]

	dz	0.012	0.013	1.011	0.046 ^[21]
c-ZrO ₂ [Fm-3m]	a=b=c (Å)	5.075	5.12	5.031	5.129 ^[22]
	V(Å ³)	130.709	134.06	127.36	134.9 ^[22]

According to the results given in Table 1, it can be seen that during the transition from the high-temperature phase to the low-temperature phase, lattice distortion leads to a displacement of O ions in the c direction by a value of dz, expressed in relative units. As a result of the distortion of the tetragonal phase, all Zr-O bonds will become non-equivalent. According to Table 3, the SCAN functionality describes the geometry much better than the standard GGA-PBE. However, from the available data, we also see that GGA and SCAN describe the energy difference between the monoclinic and tetragonal phases of ZrO₂ in almost the same way. Since the SCAN exchange-correlation functional describes the structural properties well, we decided to continue using this functional to describe the geometry of other systems.

Table 2 compares the total energies calculated by the GGA method for systems of the monoclinic, tetragonal, and cubic phases of ZrO₂. It can be seen that among all systems, m-ZrO₂ is the most stable phase with the lowest energy, i.e., according to the field energy at low temperatures, the stable phase is monoclinic with space group P21/c.

Table 2 - GGA-calculated total electron energies of c-ZrO₂, t-ZrO₂, m-ZrO₂ unit cells.

System	Energy	ΔE
m-ZrO ₂	-28.7947	0
t-ZrO ₂	-28.6885	0.106
c-ZrO ₂	-28.5865	0.201

Next, using the Phonopy code of the VASP package, we calculated the thermodynamic properties and phonon spectra of the ZrO₂ phase in order to discuss and justify the structural stability of the ZrO₂ monoclinic phase in more detail. Figure 4 shows the change in the entropy of the unit cells of the ZrO₂ phase as a function of temperature.

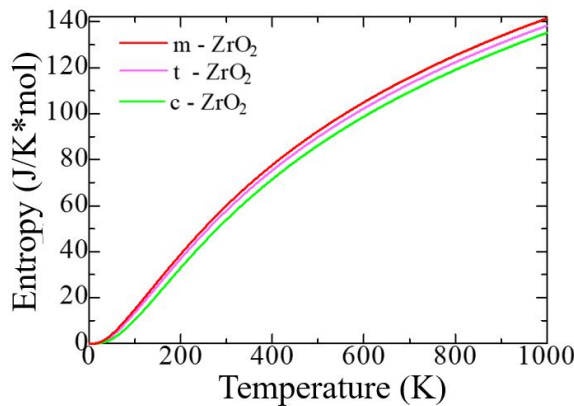


Figure 4 - Entropy as a function of absolute temperature per unit cell c-ZrO₂, t-ZrO₂, m-ZrO₂.

According to Fig. 4, upon transition from monoclinic to tetragonal and cubic phases, the entropy of these compounds decreases, which corresponds to the criterion of inverse dependence of enthalpy or direct dependence of entropy and stability of solid systems [24]. Therefore, the monoclinic phase is the most stable and has the highest entropy among other ZrO₂ phases. This is also confirmed by the result of the Energy/Volume diagram shown in Figure 5 [25].

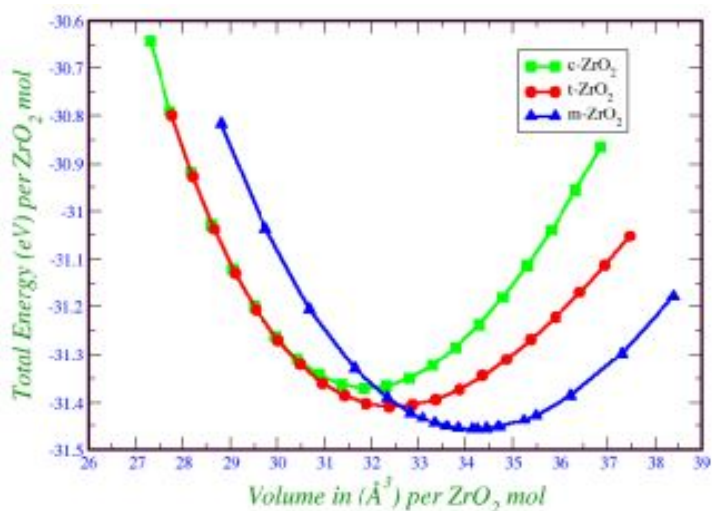


Figure 5 - Total energy as function of volume

Next, using the well-optimized structures of the three phases of ZrO₂, we performed calculations to study their electronic properties. Using the GGA and SCAN functionals and the HSE06 hybrid functional, we found the band gaps of these systems (Table 3), analyzed their orbital structure, and modeled the change in the position of the Fermi level in these systems.

Table 3 - Calculated and experimental band gap of c-ZrO₂, t-ZrO₂, m-ZrO₂ in eV.

System	This work			Experiment ^[26]
	GGA	SCAN	HSE06	VUV
m-ZrO ₂	3.9	3.8	5.288	5.78
t-ZrO ₂	4.42	4.37	5.898	5.83
c-ZrO ₂	4.03	3.93	5.140	6.10

According to the results presented in Table 3, the GGA and SCAN functionals showed a rather small band gap compared to the HSE06 hybrid functional [27], which compensates for the band gap underestimation. Taking into account the suitability of HSE06 for estimating the band gap energy, we further used this hybrid functional to describe the behavior of the Fermi level in the studied ZrO₂ phases (Fig. 6).

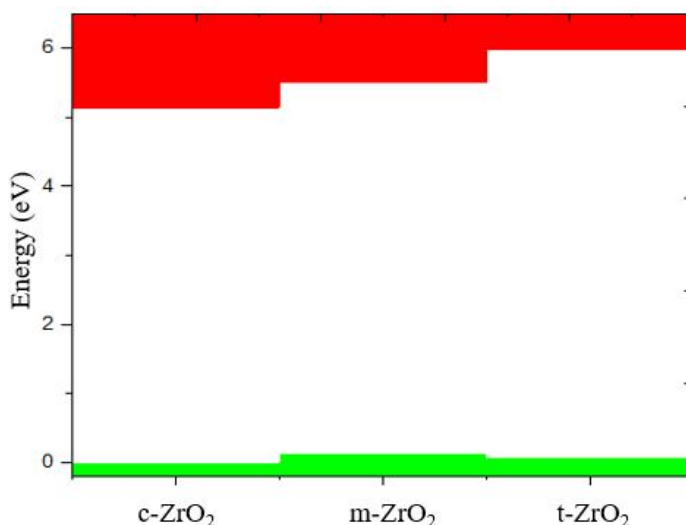


Figure 6 - Changes in the conduction (red) and valence (green) bands for c-ZrO₂, t-ZrO₂, m-ZrO₂. The position of the Fermi level corresponds to the maximum of the valence band at each site.

As can be seen from Figure 6, if we take the position of the Fermi level (maximum of the valence band) for the monoclinic phase as a reference point, then during the m-t phase transformation of ZrO₂, this level first falls by 0.125 eV towards lower energies, and then decreases again to section t-c by 0.08 eV.

As a result of the implementation of quantum chemical calculations, the issues of structural stability and electronic properties of three ZrO₂ phases were analyzed. The stable phase is defined in terms of total energy and entropy estimates. It has been found that in this case, during the m-t ZrO₂ phase transformation, the Fermi level first shifts by 0.125 eV towards lower energies, and then, in the t-c section, again drops by 0.08 eV. This study will help in the future to build a more accurate computational model for a detailed assessment of other physicochemical parameters of zirconia.

Funding. The research leading to these results has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement 871284 project SSHARE.

References

1. Manikandan, E., G. Kavitha, and J. Kennedy. "Epitaxial zinc oxide, graphene oxide composite thin-films by laser technique for micro-Raman and enhanced field emission study." *Ceramics International* 40.10 (2014): 16065-16070.
2. Wilson, K. C., et al. "Nanocauliflower like structure of CdS thin film for solar cell photovoltaic applications: In situ tin doping by chemical bath deposition technique." *Journal of alloys and compounds* 585 (2014): 555-560.
3. Kennedy, J., et al. "Investigation of structural and photoluminescence properties of gas and metal ions doped zinc oxide single crystals." *Journal of Alloys and Compounds* 616 (2014): 614-617.
4. Yadav, Ganapati D., and Jayesh J. Nair. "Sulfated zirconia and its modified versions as promising catalysts for industrial processes." *Microporous and mesoporous materials* 33.1-3 (1999): 1-48.
5. Alivisatos, A. Paul. "Semiconductor clusters, nanocrystals, and quantum dots." *science* 271.5251 (1996): 933-937.
6. Manicone, Paolo Francesco, Pierfrancesco Rossi Iommetti, and Luca Raffaelli. "An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications." *Journal of dentistry* 35.11 (2007): 819-826.
7. Liang, Jiahe, et al. "Characterization and synthesis of pure ZrO₂ nanopowders via sonochemical method." *Materials research bulletin* 38.1 (2003): 161-168.
8. Yashima, M., Ohtake, K., Arashi, H., Kakihana, M., & Yoshimura, M. (1993). Determination of cubic-tetragonal phase boundary in Zr_{1-x}Y_xO_{2-x/2} solid solutions by Raman spectroscopy. *Journal of applied physics*, 74(12), 7603-7605.
9. Yashima, M., Sasaki, S., Kakihana, M., Yamaguchi, Y. A. S. U. O., Arashi, H. A. R. U. O., & Yoshimura, M. A. S. A. H. I. R. O. (1994). Oxygen-induced structural change of the tetragonal phase around the tetragonal-cubic phase boundary in ZrO₂-YO_{1.5} solid solutions. *Acta Crystallographica Section B: Structural Science*, 50(6), 663-672.
10. Yashima, M., Kakihana, M., & Yoshimura, M. (1996). Metastable-stable phase diagrams in the zirconia-containing systems utilized in solid-oxide fuel cell application. *Solid State Ionics*, 86, 1131-1149.
11. Yashima, M., Ohtake, K., Kakihana, M., Arashi, H., & Yoshimura, M. (1996). Determination of tetragonal-cubic phase boundary of Zr_{1-x}R_xO_{2-x/2} (R= Nd, Sm, Y, Er and Yb) by Raman scattering. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 57(1), 17-24.
12. Yashima, M., Ishizawa, N., & Yoshimura, M. (1993). High-Temperature X-ray Study of the Cubic-Tetragonal Diffusionless Phase Transition in the ZrO₂-ErO_{1.5} System: I, Phase Change between Two Forms of a Tetragonal Phase, t'-ZrO₂ and t''-ZrO₂, in the Compositionally Homogeneous 14 mol% ErO_{1.5}-ZrO₂. *Journal of the American Ceramic Society*, 76(3), 641-648.
13. Leger, J. M., Tomaszewski, P. E., Atouf, A., & Pereira, A. S. (1993). Pressure-induced structural phase transitions in zirconia under high pressure. *Physical Review B*, 47(21), 14075.
14. Liu, L. G. (1980). New high pressure phases of ZrO₂ and HfO₂. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 41(4), 331-334.
15. Lobo, A., & Conrad, H. (2003). Interaction of H₂O with the RuO₂ (1 1 0) surface studied by HREELS and TDS. *Surface science*, 523(3), 279-286.

16. Kan, H. H., Colmyer, R. J., Asthagiri, A., & Weaver, J. F. (2009). Adsorption of water on a PdO (101) thin film: Evidence of an adsorbed HO– H₂O complex. *The Journal of Physical Chemistry C*, 113(4), 1495-1506.
17. Meier, M., Hulva, J., Jakub, Z., Pavelec, J., Setvin, M., Bliem, R., ... & Parkinson, G. S. (2018). Water agglomerates on Fe₃O₄ (001). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(25), E5642-E5650.
18. Radha, A. V., Bomati-Miguel, O., Ushakov, S. V., Navrotsky, A., & Tartaj, P. (2009). Surface enthalpy, enthalpy of water adsorption, and phase stability in nanocrystalline monoclinic zirconia. *Journal of the American Ceramic Society*, 92(1), 133-140.
19. Kobayashi, K., Kuwajima, H., & Masaki, T. (1981). Phase change and mechanical properties of ZrO₂-Y₂O₃ solid electrolyte after ageing. *Solid State Ionics*, 3, 489-493.
20. Hohenberg, P., & Kohn, W. (1964). Inhomogeneous electron gas. *Physical review*, 136(3B), B864.
21. Perdew, J. P., Burke, K., & Ernzerhof, M. (1996). Generalized gradient approximation made simple. *Physical review letters*, 77(18), 3865.
22. Liu, J., Gong, G., Han, Y., & Zhu, Y. (2017). New insights into the adsorption of oleate on cassiterite: A DFT study. *Minerals*, 7(12), 236.
23. Howard, C. J., Hill, R. J., & Reichert, B. E. (1988). Structures of ZrO₂ polymorphs at room temperature by high-resolution neutron powder diffraction. *Acta Crystallographica Section B: Structural Science*, 44(2), 116-120.
24. Teufer, G. (1962). The crystal structure of tetragonal ZrO₂. *Acta Crystallographica*, 15(11), 1187-1187.
25. Martin, U., Boysen, H., & Frey, F. (1993). Neutron powder investigation of tetragonal and cubic stabilized zirconia, TZP and CSZ, at temperatures up to 1400 K. *Acta Crystallographica Section B: Structural Science*, 49(3), 403-413.
26. Aldebert, P., & TRAVERSE, J. P. (1985). Structure and ionic mobility of zirconia at high temperature. *Journal of the American Ceramic Society*, 68(1), 34-40.
27. Arroyave, R., Kaufman, L., & Eagar, T. W. (2002). Thermodynamic modeling of the Zr–O system. *Calphad*, 26(1), 95-118.
28. Martin, U., Boysen, H., & Frey, F. (1993). Neutron powder investigation of tetragonal and cubic stabilized zirconia, TZP and CSZ, at temperatures up to 1400 K. *Acta Crystallographica Section B: Structural Science*, 49(3), 403-413.

INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL CORROSION PROPERTIES OF A NEW COMPOSITE MATERIAL OBTAINED BASED ON ALUMINUM

Mahmudzoda M., Eshov B.B., Jayloev J. H., Ismoilov R.

Research Center of Innovative Technologies

National Academy of Sciences of Tajikistan

Dushanbe, Tajikistan. Ayni Street 299/3

E-mail: m.mahmudzoda@mail.ru

Currently, secondary aluminum alloys are increasingly used in mechanical engineering, the share of which in the global consumption volume is quite high – more than one third. The network of aluminum scrap collectors and processors covers the entire world. A distinctive feature of secondary aluminum alloys is the increased content of iron and other impurities in their composition, which form various intermetallic phases. It is known, that intermetallides have an unfavorable shape, play the role of stress concentrators in the metal, and are the main reason for the lower quality of secondary aluminum alloys compared to their primary analogues.

Impurities, including iron, have different origins. They may come from the ore, may enter the metal during electrolysis, and are not always completely removed during the production and refining of primary aluminum. Impurities can occur during melting and casting due to contamination of the charge, metal interaction with the lining and fluxes, as well as due to the dissolution of elements of foundry equipment and casting tools. In addition, a large amount of impurities can be obtained during the remelting of aluminum waste.

Because of this, there is a need for research and development of technologies that would allow to process this scrap and turn it into pure aluminum, which is most suitable for use in industry or for obtaining alloys based on secondary aluminum, which will allow it to be used without additional purification.

In this work, cast samples were taken that were obtained using the technology [1] in the laboratory of the Department of Foundry Production and Strengthening Technologies of URFU. The chemical composition of the ingot of the initial alloy and samples was determined by the method of emission spectral analysis using the SPECTROMAXx device using the arithmetic mean value of three samples, the results are shown in Table 1. To obtain the composite material, we heated the alloy to a temperature of 700°C in a laboratory shaft resistance furnace in an alund crucible with a capacity of 800 cm³. For hydrogen saturation, titanium hydride in a bell was introduced into the melt with a significant excess of the solubility limit, then it was blown with oxygen through a quartz glass tube with an internal diameter of 8 mm for 1 hour and poured into a sand mold. Cooling took place at room temperature, by natural cooling. After solidification and cooling of the castings, samples were taken for research.

Table 1. Chemical composition of samples (wt.%)

Element	Al	Si	Mg	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn
Source material	90,223	6,212	0,584	0,084	0,305	1,05	0,688	0,573
Composite material	89,466	6,788	0,544	0,154	0,376	1,078	0,733	0,656

Changes in the corrosion potential of an aluminum-based composite material were studied on a PI-50.1.1 potentiostat and in a solution of 3.0%, 0.3%, and 0.03% NaCl according to the procedure described in [2,3].

To conduct the research, the working surface of the obtained samples was treated with a resin from a mixture of paraffin and rosin in a ratio of 50: 50 (%). The lower end of the sample, which should directly contact the solution, was cleaned with sandpaper, polished, degreased, then etched in a 10% NaOH solution. After that, it was washed with alcohol and then immersed in a NaCl solution. The reference electrode was saturated silver chloride, and the auxiliary electrode was platinum.

Table 2. Changes in the free corrosion potential (St. cor., V) composite material the system Al-Al₂O₃ (Oxidalle), over time, in an electrolyte medium with a concentration of 0.03%, 0.3% NaCl and 3.0% NaCl

Exposure time, minutes	Medium NaCl solution, (wt.%)		
	0,03	0,3	3,0
0,25	0,616	0,830	0,862
0,5	0,614	0,806	0,845
0,75	0,613	0,788	0,840
1	0,610	0,756	0,826
5	0,565	0,604	0,782
10	0,545	0,602	0,762
20	0,533	0,600	0,74
30	0,529	0,600	0,72
40	0,528	0,597	0,702
50	0,528	0,596	0,684
60	0,528	0,595	0,681

The values of the free corrosion potential shown in Table 2 were recorded for one hour. Based on the results of the analysis of the obtained values, a potential shift to the positive region is noted, which characterizes the dynamics of the formation of a protective oxide film, which is completed by 30-40 minutes from the beginning of immersion in the electrolyte, and does not depend much on the chemical composition of the alloys.

Stabilization of the free corrosion potential is observed after 40-50 minutes from the start of immersion in the electrolyte solution. Changes in the values of the free corrosion potential indicate the dynamics of the formation of a protective oxide film on the surface of alloy samples in a corrosion-active medium of NaCl electrolyte. After one hour of exposure in a solution of sodium chloride free corrosion potential of the composite material of the system Al-Al₂O₃, in the electrolyte medium, the NaCl of various concentrations is: in medium 3% NaCl 0.681 V; in an environment of 0.3% NaCl 0.595 V, and in the medium 0.03% NaCl 0.528 V (Table 2).

Literature

1. Postnikov N.S. Corrosion resistant aluminum alloys. Moscow: Metallurgy. 1976. 301p.
2. Stroganov G.B., Rotenberg V.A., Gershman G.B. Alloys of aluminum with silicon. Moscow: Metallurgy. 1977. 272p.
3. Freiman L.I., Makarov V.V., Bryksin I.E. Potentiostatic methods in corrosion research and electrochemical protection. L.: Chemistry, 1972. 258 p.
4. Bokiev L.A., Ganiev I.N., Ganieva N.I., Khakimov A.Kh., Yakubov U.Sh. Influence of lithium on the corrosion-electrochemical behavior of the aluminum alloy AZh5K10, in the environment of the electrolyte NaCl // Bulletin of the Tver State University. Series Chemistry. - 2019.-№3 (37).- P.79-89.

ПОТЕНЦИАЛ СВОБОДНОПОТОЧНОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ РЕКИ ЗЕРАВШАН

Шоёкубов Ш.Ш., Ботуров К., Алидодов Т.М., Хомидзода И.С., Валиев Дж.Ш.

Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана

E-mail: t.alidodov@gmail.com

В структуре возобновляемых энергоресурсов весьма перспективными энергоносителями являются речные потоки, способные развивать наибольшую для возобновляемых источников удельную мощность. Большие и средние несудоходные горные реки обладают колоссальной кинетической мощностью. Согласно официальным данным гидрогеографическую сеть Республики Таджикистана, в стране имеется более 25 тысяч средних и малых рек с общей протяженностью 69.2 тысячи км. В среднем густота речной сети в Таджикистане составляет около 0,6 км/км²[1]. Перепад этих рек на каждом километре в среднем составляет от 4 до 11 и более метров, а скорость течения – соответственно от 1 до 6 и более метров в секунду.

В Таджикистане потенциал большой гидроэнергетики составляет 528 млрд. кВт, а малой — 184,4 млрд. кВт [1,2] и эти отрасли изучены на достаточном уровне. Однако этого нельзя сказать о свободнопоточной микрогидроэнергетики. Сегодня даже отсутствуют соответствующие методики по исследованию этой энергетической отрасли. В Советском союзе, данная отрасль не была затронута, считалась малоэффективной.

Согласно критерию Стокса средняя вычисленная скорость в реках с ламинарными течениями составляет 0,01-1 м/сек., а в реках с турбулентными потоками от 1м/сек. до 6-7 м/

сек. и боле [3]. Следует отметить, что все реки Таджикистана в связи со сложностью рельефа республики, относятся к рекам с турбулентными потоками.

Последние 10 лет для выработки электроэнергии используются турбины профессора Горлова со специальной геометрией поперечного сечения лопасти. Это сечение характеризуется по западному стандарту “NASA 0020, аналогичному аэродинамическому профилю крыла самолета Боинг-727”. Геликоидная турбина имеет 3 спиральные лопасти и под действием потока воды линейная скорость лопасти становится в 2-3 раза больше скорости течения. Коэффициент полезного действия турбины достигает 35 процентов, она проста в изготовлении и в отличие от многотонных металлических турбин имеет легкий вес. Легкая «спиральность» лопастей устраняет вибрацию во время вращения и обеспечивает максимальный начальный крутящий момент. Испытания данной турбины проводились в лаборатории гидродинамики университета штата Мичиган, США и показали, что турбины Горлова способны работать в потоке воды даже при минимальной скорости около 1 м/с, при этом коэффициент полезного действия турбины сохраняется в приделе 35 процентов от кинетической энергии течения [4,5].

Многочисленные поплавковые свободнопоточные ГЭС параллельно подключаются на общую линию вдоль реки и таким образом составляют единую энергетическую систему с многочисленными гидроэнергетическими установками.

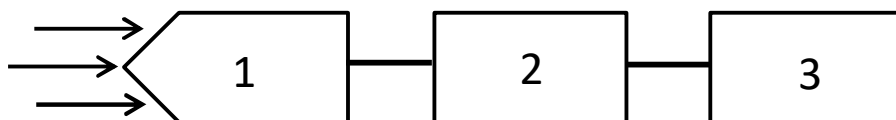


Рис.1. Блок схема свободнопоточная речная ГЭС: 1- плавящая часть, 2- инвертор, 3- нагрузка

Если выразить кинетическую энергию потока воды как движущееся тело массы m и скоростью v :

$$E = \frac{1}{2}mv^2,$$

То мощность потока определяется как:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{\rho S l v^2}{2t} = \frac{1}{2} \rho S v^3, \quad (1)$$

Где P – мощность, Вт; ρ –плотность воды, кг/м³; S –площадь поперечной сечения потока реки, м²; l –длина пробега потока за время t , м; v_{cp} –средняя скорость течения воды, м/с (в естественных речных турбулентных потоках распределение скорости на вертикалях примерно следует закону параболы) [3].

Согласно формуле (1) мощность вырабатываемой гидроэлектростанции будет,

$$P = \frac{1}{2} \rho S_k v_{cp}^3 \eta, \quad (2)$$

где η – КПД установки в целом S_k - активная площадь турбины, которая должна составлять не боле 40% от площади поперечной сечения потока реки.

В свободнопоточных гидроэлектростанциях часто используют сменные турбины, условно их называют «сезонными». Зависимость сезонного увеличения глубины потока от расхода воды реки Зарафшан измеренные на гидропосте «Дупули» показана на рис. 2.

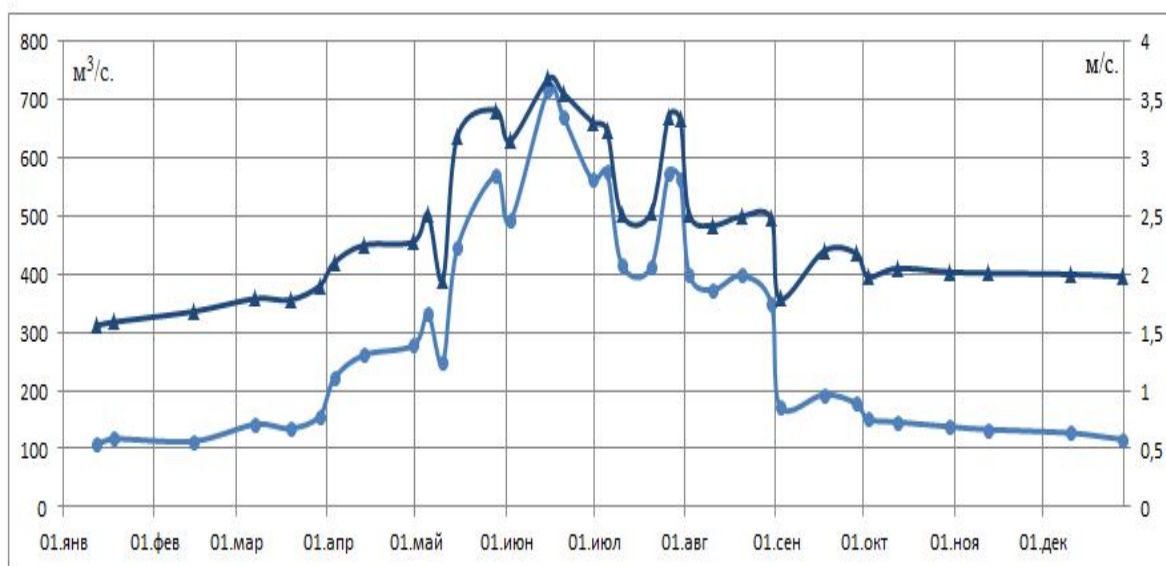


Рис. 2. Зависимость скорость потока от расхода воды р. Зарафшана: 1- скорость, 2- Расход воды

Среднегодовой расход воды, измеренные 2007 году на посту Дупули колеблется в районе 308 м³/с, а для Могиён 336 м³/с.

К сожалению, сегодня отсутствует единая универсальная формула, с помощью которой можно было бы рассчитать, хотя бы среднюю скорость (расходная скорость) и изменение этой скорости с изменением количества воды в турбулентных потоках реки. Есть приближенные формулы, как эмпирическая формула Шези или её модификации, например, формула Дарси–Вейсбах [5]:

$$v_{cp} = \sqrt{\frac{8gRI}{\lambda}}, \quad (3)$$

где g –ускорение силы тяжести, R – гидравлический радиус, равный отношению площади поперечного сечения потока к его смоченному периметру, I –градиент давления, λ – коэффициент гидравлического сопротивления.

С помощью формулы (2,3) и измеренными данными полученные на постах Дупули и Могиен где входят средняя минимальная скорость течения потока, средняя площадь водного потока и минимальная глубина реки с учетом коэффициента перекрытия и КПД самого ГЭС, находим мощность поплавковых гидроустановок для обоих участков по отдельности. С учетом близости гидравлических параметров, участок Дупули и Могиён на плавающие электростанции устанавливаются одинаковые гидротурбины с общей активной площадью 40 м².

Суммарную мощность находим с учетом количества устанавливаемых плавающих между собой параллельно подключенных гидроэнергетических установок через каждый 100 метров. Промежуточное 100 метровое расстояние найдено с учетом общего усредненного перепада реки на протяженности исследуемой длины реки.

В работе исследован гидроэнергетический потенциал реки Зарафшан, с целью использования свободнопоточных поплавковых гидроэлектростанции на основе галоидной гидротурбины Горлова. С учетом сезонных изменений гидропараметров, таких как расход воды, площадь поперечного сечения, глубины и средней скорости потока воды на участках Дупули и Магиян, а также рассчитаны минимальные мощности поплавковых гидроэлектростанции, на отдельных участках. Показана суммарная минимальная

мощность параллельно подключенных гидротурбин в общей линии вдоль реки Зарафшана. По расчетам годовая выработка электроэнергии энергосистемы составит $E = 1138,8$ ГВт*час.

Экспериментально расчетные данные приедены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Параметры	Единица измерения	Показатель
1	Минимальная мощность, участок Дупули (39 км.)	МВт	54
2	Минимальная мощность, участок Могиён(112 км)	МВт	97,5
3	Суммарная мощность участок Дупули	МВт	21,0
4	Суммарная мощность участок Могиён	МВт	109
5	Общая мощность	МВт	130
6	Годовая выработка электроэнергии	ГВт	1138,8

По сравнению с большими и средними гидроэлектростанциями с деривационными сооружениями, свободнопоточные поплавковые гидроэлектростанции для местных потребителей не требуются большие подстанции повышения и понижения напряжений или больших затрат, система надёжна и очень проста в эксплуатации.

Литература

1. Водные ресурсы Таджикистана. Академия наук Республики Таджикистан, Душанбе: ООО «Ому», 2003, 110с.
2. Ш.Ш. Шоёкубов, М. Нарзиев, И.Т. Ходжахонов, Ш. Шоёкубов, Ф.М. Мирзоев. Эффективность свободнопоточной микроэнергетики в реках Таджикистана. Известия АН РТ, 2012, №3, (148), с.112-119.
3. И. И. Агроскин, Г. Т. Дмитриев, Ф. И. Пикалов. Гидравлика. М.:Госэнергоиздат, 1954, 484с.
4. А.М. Gorlov, Development of the helical reaction hydraulic turbine, PIMIME Department North eastern University, Boston, MA 02115, August, 1998, 53p.
5. Y. Takamatsu, A. Furukawa, K. Okuma, K. Takenouchi; Experimental Studies on aPreferable Blade Profile of Darrieus-type Cross-flow Water Turbine. JSME International Journal, Vol. 34, No. 2, 1991, 9p.
6. А. М. Прохоров, Большая советская энциклопедия в 30 т. -3-е издания. Москва. 1978 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗА КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ

Н.Н. Умаров, М.Н. Рахматов, * С. Ф. Абдуллаев

Худжандский государственный университет им. академика Б. Гафурова.

** Физико-технический институт им. С. У. Умарова НАНТ.*

E-mail: nasimchon-74@mail.ru, sabur.f.abdullaev@gmail.com

Известно, что тяжёлые металлы присутствуют практически во всех компонентах экосистем и вносят большой вклад в формирование структуры и свойств растительных материалов и почв, что в значительной мере зависит от концентрации их содержания в почвах и атмосфере [1, 2].

Распределение тяжёлых металлов (ТМ) в экосистеме довольно усложнено и зависит от многих факторов. Загрязнение территории тяжёлыми металлами носит локальный характер. Определено, что максимальное загрязнение почв и растений наблюдается вблизи автомобильных дорог, тепловых электростанций, хвостохранилищ и прочих факторов.

Когда ТМ накапливаются в почве выше нормы, её физико-химические свойства заметно ухудшаются и, как правило, это пагубно влияет на состав, структуру и свойства биомолекул растений [3,4].

В связи с этим исследование физико-химических свойств почв в зависимости от концентрации ТМ позволяет количественно оценить распределение загрязняемых веществ в экосистеме.

Целью настоящей работы является исследование содержания тяжёлых металлов в различных почвах методом рентгенофлуоресцентного анализа и моделированием логистической модели.

В последнее время с целью мониторинга окружающей среды привлекаются современные физико-химические методы. Степень точности полученных результатов и скорость получения конечных результатов естественно повышаются, когда мониторинг проводится в режиме реального времени с мощными компьютерами, обладающими хорошим математическим обеспечением [5, 6].

В настоящее время для решения физических, биофизических и других процессов широко применяются как линейные, так и нелинейные модели. При этом численные решения на компьютере повлекли за собой развитие многих аналитических подходов. С помощью нелинейных моделей описаны многочисленные процессы пространственно-временной самоорганизации на всех уровнях организации материи – от скоплений галактик до турбулентного течения жидкости, от динамики макромолекул до процессов в биофизике и атмосферных явлений. Особенно необходимыми и плодотворными оказались возможности нелинейных уравнений в изучении и моделировании живых систем, в биологии, экологии и других отраслях естественных и точных наук. При этом особое значение имеют качественные, или базовые, модели, позволяющие описать в наиболее простом математическом виде качественные особенности поведения системы, периодические или хаотические изменения переменных, а также пространственно-временных изменений разного типа.

В изолированной системе при длительном периоде наблюдения П.Р. Ферхюльст [7] вывел уравнение, описывающее рост популяции. Ферхюльстом представлено следующее уравнение (1) по динамике численности популяции:

$$\frac{dx}{dt} = rx - mx^2 \quad (1),$$

где r – удалённая скорость роста численности, x – численность популяций, m – число встреч членов популяции, при котором они могут конкурировать за какой либо ресурс.

Решением уравнения (1) является функция вида:

$$x(t) = \frac{x_0 K e^{rt}}{K - x_0 + x_0 e^{rt}}, \quad (2)$$

где $x_0 = x(t = 0)$.

В уравнении (2) параметр K носит название «ёмкости концентрации», выражается в единицах численности (или концентрации) и носит системный характер. В нашем случае x – количество или концентрация одного вида тяжёлых металлов, $K/2$ – предельно допустимая концентрация этого вида тяжёлых металлов.

При малых x значением x/K можно пренебречь, и тогда рост численности идёт по экспоненциальному закону, при возрастании x и неизменном K рост численности будет замедляться, и при x , близком к K , рост остановится.

С помощью уравнения (2) и математической программы обеспечений Mathcad можно выполнить расчёт и найти график функции при различных концентрациях ТМ.

В табл.1 приведены концентрации первого степени опасности ТМ (мышьяка и свинца) за период с 2019 до 2022 гг. в городах и районах Северного Таджикистана. Пробы почв собирали согласно метода «конверта», метод заключается в том, что на каждом из участков по «конверту» в его пяти точках отбирают пробы. Координаты мест сбора почв из городов Худжанда (С 40° 17,46'.15"; В 69° 35,51' 58"), Истаравшана (С 39° 51' 28"; В 69° 11' 58") и Бабаджангафуровского района (С 40° 16' 16.2"; В 69° 42' 0.45').

Таблица 1 -Место и время сбора тяжёлых металлов (свинца, мышьяка и цинка)

№	Время отбора	С, мг/кг	Истаравшан	Худжанд	Бабаджангафуровский Район
1	2019	Pb	23.67	31.90	6.100
2		As	2.360	3.400	5.420
1	2020	Pb	4.040	31.60	7.610
2		As	2.250	3.050	3.630
1	2021	Pb	2.800	32.00	10.50
2		As	2.050	1.900	1.830

Примечание: С – концентрация тяжёлых металлов

Из табл. 1 видно, что концентрация тяжёлых металлов по годам сильно изменяется. Очевидно, это связано с антропогенным и техногенным факторами воздействия.

Известно, что среднее содержание Pb в незагрязненных почвах по всем мире оценивается числом около 17 ppm. Этот общий фоновый уровень был подтвержден геоэкологами. Согласно [8], ПДК свинца в почвах – около 32 мг/кг.

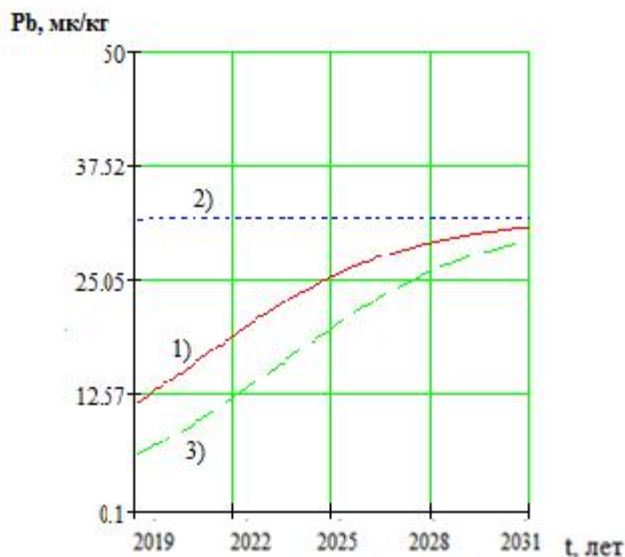


Рисунок 1 - Динамика изменения концентрации свинца в пробах почв;
1) г. Истаравшан, 2) г. Худжанд, 3) Бабаджангафуровский район

В результате исследований почв установлено, что более высокое содержание Pb в почвах является следствием наличия антропогенных факторов. Одним из основных источников загрязнения почв свинцом являются выхлопные газы бензиновых двигателей, потому что в бензин, как известно, добавляется тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$ для повышения октанового числа [9]. Из табл. 1. и рис. 1. видно, что концентрация свинца для

всех проб почв ниже ПДК, возможно этот недостаток со временем восполнится и почва стабилизируется.

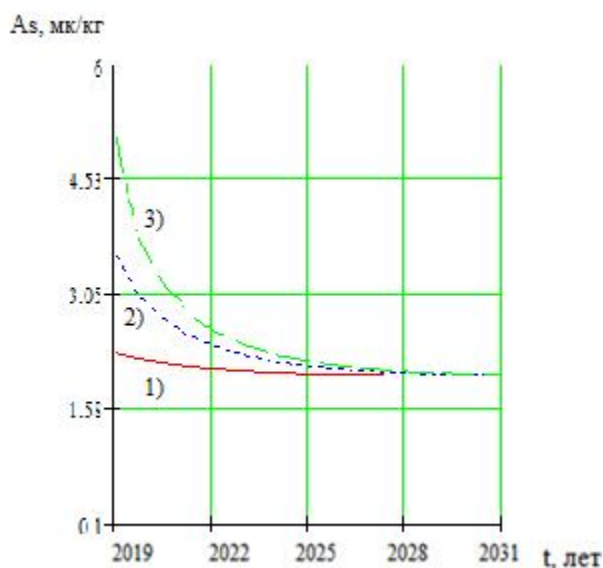


Рисунок 2 - Динамика изменения концентрации мышьяка в пробах почв;
1) г. Истаравшан, 2) г. Худжанд, 3) Бободжангафуровский район

По литературным данным, мышьяк и его основные соединения ядовиты и канцерогенны. Неорганические соединения мышьяка относятся к первой категории опасности. Мышьяк относится к токсичным элементам, ПДК As согласно гигиеническому нормативу примерно равна 2 мкг/кг [8]. Из таблицы 1. и рис.2 видно, что концентрация мышьяка для всех исследованных места отбора пробы почв превышает ПДК. Этот факт может стабилизироваться с течением времени.

Если на окружающую среду не воздействуют глобальные антропогенные или техногенные факторы, возможно, со временем количество исследуемых тяжёлых металлов достигнет предела ПДК. С помощью логистического модели можно прогнозировать содержание ТМ в почвах. Для управления концентрацией ТМ в почвах нужно сопоставить результаты модельного прогнозирования и эксперимента.

Таким образом, логистическое уравнение можно применять для оценки изменения концентрации ТМ в почвах и других системах. Установлено, что количество ТМ, таких как свинец, цинк и мышьяк, в составе различных почв со временем изменяется и этот факт близок к модельным расчётам. Математический модель Ферхюльста можно применять для прогнозирования и временной стабилизации концентрации ТМ в составе почв.

Литература

1. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., и др. Динамика распределения тяжелых металлов и радиоактивных изотопов в образцах почвы и пылевого аэрозоля юга Таджикистана. Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27. – № 03. – С. 207–214.
2. Ильин В.Б., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А., Черевко А.С. Содержание тяжёлых металлов в почвах и растениях. Новосибирска. Агрехимия. – 2000. – № 1. – С. 66–73.
3. Умаров Н.Н. Распределение содержания тяжелых металлов в полыни горькой и почве Согдийской области Республики Таджикистан. Химическая безопасность. – 2022. – Т. 6. – № 1. – С. 79–84. – DOI 0.25514/CHS.2022.1.21005. – EDN NBPRAW.
4. Абдуллаев С.Ф., Сафаралиев Н.М., Партоев К. Исследование биологического поглощения тяжёлых металлов растением–фиторемедиантом – топинамбуром (*Helianthus tuberosus* L. // Химическая безопасность. – 2019. – Т. 3. – № 1. – С. 110–117.

5. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. – 2003. – 184 с.
6. Пронин Ц.Б., Пронин Б.В. Компьютерное моделирование физических процессов в лабораторном практикуме: Учебное. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2018. – 91 с.
7. Pearl Raymond. The Biology of Population Growth (англ.) // The American Mercury. – 1924. – November -v. III.– No 11. –P. 293– 305.
8. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041–06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.
9. Рахматов М.Н. Исследование элементного состава аэрозоля и почв Северного Таджикистана: дисс. кандидата наук. 01.04.07. – Душанбе, 2021. – 164 с.

ТАРКИБИ КИМИЁВИИ ГИЁҶИ ПУДИНАГӢ ВА АҶАМИЯТИ ОН

Сайфуддинова Р.З., Абдурасулова Н.А., Юнусова С., Вахобов Р.Р.

Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови АМИТ

E-mail: for.59@mail.ru

Пудина як гиёҳи шифобахши хушбӯӣ буда, пояҳои оддӣ ва баргҳои сабзи дурахшони нешшакл дорад (ниг. рас 1). Пудина ба ҳама аз кӯдакӣ шинос аст. Пудина ба оилаи Lamiales тааллуқ дорад ва аз 42 намуд ва гибридҳо иборат аст [1-3].



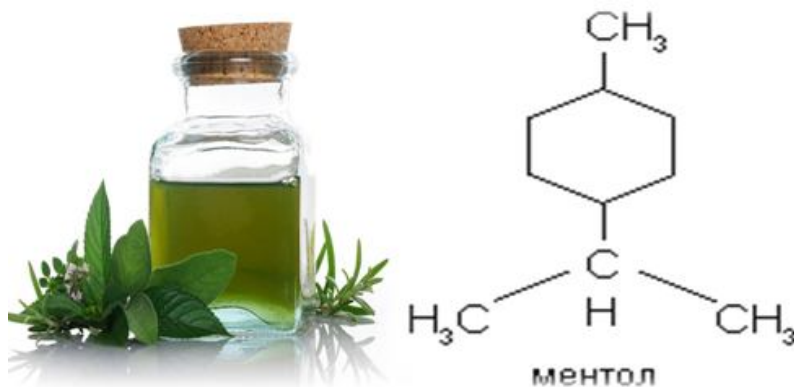
Расми 1 - намудҳои гиёҳи пудинагӣ

Дар табиат гиёҳи пудинагӣ дар намуди даштӣ хеле кам воমেҳуранд. Ҷамчун растани шифобахш ва рағани эфирӣ парвариш карда мешавад. Ин гиёҳ аксар вақт дар боғҳо ва лаби чӯйҳо парвариш карда мешавад. Намидуст, нурталаб, заминҳои ҳосилхезро дуст медорад. Баъзан дар чӯйҳои кишт ва лаби чӯйҳо худ ба худ мерӯяд (расми 2) [2.3].



Расми 2 - Маконҳои парвариши гиёҳи пудинагӣ

Дар барги пудина на камтар аз 2% равғани эфирӣ мавҷуд аст, ки аз ментол ва эфирҳои он, асосан эфирҳои кислотаҳои изоовалери ва сиркоӣ иборатанд. Рағани эфирии мурчи пудинагӣ ба ментол, апинен, лимонен, синеол, дипентен, пулегон, β-фелландрен ва дигар терпеноидҳо асос ёфтааст. Ғайр аз ин дар баргҳо кислотаҳои органикӣ, танинҳо, флавоноидҳо, каротин, бетаин, гесперидин, микроэлементҳо (мис, манган, стронсий ва ғайра) ва дигар пайвастагӣҳои кимиёвӣ мавҷуданд (Расми 3) [4-6].



Расми 3 - Таркиби кимиёвии гиёҳи пудинагӣ

Пудина растани модина ҳисобида мешавад: он сатҳи гормонҳои мардро паст мекунад ва мувофиқан афзоиши мӯйро дар чойҳои номатлуб кам мекунад. Тавсия дода мешавад, ки инфузияи пудина барои ба эътидол овардани сикли ҳайз, сабук кардани дард ва беҳтар кардани ҳолати умумӣ ҳангоми ҳайзбини Дар тибби расмӣ, растани аксар вақт истифода мешавад. Иқтибосҳои мурчи пудинагӣ, инчунин рағани эфирӣ ба бисёр доруҳои фармасевтӣ дохил карда шудаанд. Дар асоси гиёҳи пудинагӣ ингаляторҳо барои табобати гулӯ, сулфа сохта мешаванд. Пудина як қисми малҳами машҳури "Ситораи сурх" аст, ба шарофати ментол, нафаскаширо осон мекунад, аломатҳои сардири сабук мекунад ва дар табобати мигрен (Мигрен як шакли ибтидоии дарди сар аст, ки аломатҳои он ҳамлаҳои фосилавии дарди миёна ва шадиди сар мебошанд) кӯмак мекунад. Рағани мурчи пудинагӣ аксар вақт ба табобати меъдаю рӯда илова карда мешавад. и занон истифода шавад [1-6].



Расми 4 - Истифодаи гиёҳи пудинагӣ дар тиб

Усули таҳқиқот. Таҳлили рентгено-флуоресенсӣ (ТРФ) як усули таҳлили физикӣ мебошад, ки ба шумо имкон медиҳад таркиби элементҳои химиявиро дар хок, растани

умуман дилхоҳ модае, ки дар намуди хока таёр карда мешавад муайян кунед, ки барои муайян кардани таркиби элементҳои аэрозолҳои хок ва намунаҳои хок мувофиқанд. Мо барои муайян кардани металлҳои вазнини таркиби растании пудинагӣ дааз дастгоҳи самараноки таҷрибавӣ истифода кардем: спектрометри флуоресценси рентгении мавҷ-дисперсионии «SPECTROSCAN MAX-G» (ҚДММ «СПЕКТРОН», Санкт-Петербург).

Натиҷа ва муҳокима. Дар натиҷаи таҳқиқотҳои дар лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи Султон. У. Умарови АМИТ чунин натиҷаҳо ба даст оварда шуд.

Ҷадвали 1 - Металҳои вазнин дар таркиби гийёҳои пудинагӣ (тана)

Унсур	Воҳид	Қимат	Интенсивноқӣ	Хатоғӣ
Sr	мг/кг	109,928	12573,33	0,56976
Pb	мг/кг	21,15054	4,510042	27,45887
As	мг/кг	3,714497	6,422821	10,69366
Zn	мг/кг	75,81165	417,7305	16,77558
Cu	мг/кг	49,75673	2072,845	0,61659
Ni	мг/кг	7,547882	25,15669	30,26903
Co	мг/кг	-8,97178	202,2722	36,76596
Fe ₂ O ₃	%	2,468955	29750,7	0,026762
MnO	мг/кг	87,27677	53,42069	0,904812
Cr	мг/кг	63,08742	0,796111	34,19206
V	мг/кг	25,24615	0,815696	297,2701
TiO ₂	%	0,325835	-0,31474	0,039136

Ҷадвали 2 - Металҳои вазнин дар таркиби гийёҳои пудинагӣ (барг)

Унсур	Воҳид	Қимат	Интенсивноқӣ	Хатоғӣ
Sr	мг/кг	104,5602	13350,45	0,438629
Pb	мг/кг	13,73425	3,068097	21,95326
As	мг/кг	1,537005	3,907208	8,531385
Zn	мг/кг	97,33406	717,7283	13,26569
Cu	мг/кг	49,89974	2642,564	0,497294
Ni	мг/кг	6,791925	29,22756	23,56356
Co	мг/кг	-3,60991	250,3814	28,54486
Fe ₂ O ₃	%	2,089867	28341,81	0,018373
MnO	мг/кг	87,5817	71,82761	0,903447
Cr	мг/кг	66,8061	8,924234	26,49458
V	мг/кг	16,75067	-0,72374	230,2143
TiO ₂	%	0,325929	-0,3203	0,030055

Хулоса. Мақсади асосии таҳқиқоти мо дар он аст, ки гийёҳои пудинагӣ дар байни одамон ба таври васеъ истифода мешаванд. Масалан, пӯсти пудинагӣ яке аз муҳимтарин рағани эфирӣ ва зироатҳои шифобахш буда, таркиби ментол то 55% аст. Аз мурчи пудинагӣ асосан барои истеҳсоли рағани эфири техникӣ истифода мешавад, ки бо коркарди махсуси он ментоли соф гирифта мешавад, ки чузъи таркибии доруҳои муҳим (валидол, қатраҳои Зеленин, корвалол, валокордин, малҳами бороментол, аэрозоли камфомен ва ғайра) мебошад[6-8].

Аз баргҳои пудинагӣ, ки дар таркибаш ба ғайр аз рағани эфирӣ, каротин, рутин, кислотаҳои гуногуни органикӣ ва дигар моддаҳои қиматбаҳо мавҷуд аст, чойи хушбӯйи вазодилизатор ва тоникӣ тайёр карда мешавад. Дар тибби халқӣ пудинаро барои бемориҳои

музмини роҳҳои болоии нафас истифода мебаранд. Он барои бемориҳои чигар ва роҳҳои сафро таъин карда мешавад. Равғани пудинагӣ дар хамираҳои дандоншӯй мавҷуд аст [6-8].

Дар асоси адабиёти омӯхташуда ба хулосае омадан мумкин аст, ки мурчи пудина як гиёҳи пурарзиши шифобахш аст, ки ҳамчун доруи зиддивирӯсӣ, холеретикӣ, ва таскинбахш, инчунин барои пешгирии дилбеҳузурӣ ва қайқунӣ истифода мешавад. Барои ҳамин ин таҳқиқоти мо метавонад барои пешгирии заҳролудшавии ин гиёҳи нодир аз металлҳои вазнини заҳронок мусоидат кунад.

Адабиёти истифодашуда

1. Cristina Dinu. Toxic Metals (As, Cd, Ni, Pb) Impact in the Most Common Medicinal Plant (Mentha piperita)/C. Dinu, S. Gheorghe, A. G. Tenea, et.al//Int J Environ Res Public Health. 2021 ; 18(8): 3904.
2. Ghiyasi S., Karbassi A., Moattar F., Modabberi S., Sadough M.B. Origin and concentrations of heavy metals in agricultural land around aluminum industrial complex. J. Food Agric. Environ. 2010;8:1237–1240.
3. Sarma H., Deka S., Deka H., Saikia R.R. Accumulation of heavy metals in selected medicinal plants. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 2011;214:63–86.
4. Matache M., Ropota M., Patroescu C. The determination of heavy metals from wastewater of treatment plant Brasov by spectrometric techniques in plasma. Rev. Chim. 2003;54:217–220.
5. <http://medicalhandbook.ru/lekarstvennye-rasteniya/2899-myata-perechnaya-mentha-piperita-1.html>;
6. [https://yandex.ru/images/search?text=химический%20состав%20мяты](https://yandex.ru/images/search?text=химический%20состав%20мяты;);
7. <http://medicalhandbook.ru/lekarstvennye-rasteniya/2899-myata-perechnaya-mentha-piperita-1.html>;
8. http://www.eda-land.ru/travy/myata/perechnaya/#h2_16828;
9. <http://xcook.info/product/myata.html>;
10. <https://bibliofond.ru/view.aspx?id=820176>.

НАҚШИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ДАР РАСТАНИҲОИ ШИФОБАХШ ДАР МИСОЛИ ЧОҚЛА (INULA HELENIUM. L)

Валиев Н.Р.

Донишгоҳи давлатии Қўлоб ба номи Абуабдуллоҳи Рӯдакӣ

E-mail: valiev-ns@mail.ru

Имрӯзҳо барои шифо ёфтани аз бемориҳои гуногун одамонро барои истемоли доруҳои аз растаниҳои шифобахш омода карда тавсия медиҳанд. Тавре ки Созмони Байналмилалӣ Тандурустӣ гузориш додааст, тақрибан 80% одамон танҳо гиёҳҳои шифобахшро барои табобати бисёр бемориҳо истифода мебаранд [1-5].

Тоҷикистон ҳам кишвари беназир буда, масоҳаташ на он қадар калон, вале дорои растаниҳои гуногуни табобати мебошад ва дар ин ҷо қариб ҳама намуди шароитҳои иқлимӣ мушоҳида мешавад: аз субтропикӣ то арктикӣ. Дар ин миён минтақаҳоеро во хурдан мумкин аст, ки сатҳи радиатсияи табиашон гуногун буда, ба таркиб, хосиятҳои физикию - кимиёвӣ ва шифобахшии растаниҳо бетаъсир нест. Аз ин лиҳоз, таҳқиқи хосиятҳои физикию-химиявии таркиби растаниҳо ва хок, бешубҳа доираи истифодаи растаниҳои шифобахшро васеъ намуда, истифодаи натиҷаҳои таҳқиқот дар соҳаи дорусозӣ аҳамияти муҳими амалӣ дорад [1].

Дар ҳолате, ки растаниҳоро барои табобати бемориҳо истифода мебаранд, бояд донист, ки растаниҳои шифобахш метавонанд дар сурати зиёд шудани миқдори металлҳои вазнин заҳролуд гарданд. Истеъмоли дарозмуддати растаниҳо боиси

мушкилот ба саломатӣ мегардад, агар металлҳои вазнин ва дигар ифлосиҳо аз концентратсияи ҳадди аксар зиёд бошанд. Растаниҳои метавонанд ҳангоми сабзиш бо металлҳои вазнин ба осони олула шаванд. Растаниҳои шифобахшро метавон барои тайёр кардани доруҳои анъанавӣ ва инфузияҳои гиёҳӣ истифода баранд, агар миқдори металлҳои вазнин аз ҳадди муайян камтар бошад. Аз ин рӯ, назорат кардани концентратсияи металлҳои вазнин ҳам барои растаниҳои шифобахш ва ҳам маҳсулоти аз онҳо омодакарда бояд барои таъмини бехатарӣ ва самаранокии маҳсулоти гиёҳӣ анҷом дода шавад [1,6].

Мақсади асосии таҳқиқот омӯзиши миқдори металлҳои вазнин дар таркиби узвҳои растаниҳои шифобахши “Чоқла” ва хоки минтақаи сабзиши растанӣ, ки дар Вилояти Хатлон мерӯяд, иборат аст. Бо мақсади таҳқиқи миқдори металлҳои вазнин дар таркиби растаниҳои “Чоқла” намунаи растанӣ дар шакли реша, поя, барг, ҳамзамон хоки ҷойи сабзиш аз кӯҳи Хоҷамӯмини ноҳияи Восеъ ва ноҳияи Ховалинги минтақаи Кӯлоби Вилояти Хатлон ҷамъоварӣ карда шуд.

Мавод ва усули ченкунӣ. Растаниҳои шифобахши “Чоқла” аз ҷануби Тоҷикистон, кӯҳи Хоҷамӯмини ноҳияи Восеъ ва ноҳияи Ховалинги минтақаи Кӯлоби Вилояти Хатлон дар мавқеи географии 37.43⁰ а.ш. ва 69.39 т.ш. баландии 1200 м аз сатҳи баҳр, 38.28⁰а.ш. ва 70.04⁰т.ш. баландии 1860 м ҷойгир аст, ҷамъоварӣ карда шуд. Намунаҳои хок ва растаниҳои “Чоқла” бо методи “конверт” мувофиқи ГОСТ Р 58588-2019 ҷамъоварӣ карда шудааст [1- 4, 5,6].

Намунаҳои хок аз пасмондаҳои растанӣ тоза, хушконида ва майда карда шуда, аз элаки андозаи сурохиҳояш 0,2 мм буда гузаронида шуд. Намунаҳои растаниҳои “Чоқла” бо реша, поя ва барг, пас аз шустан дар ҳарорати 40⁰ С хушк карда шуда, сипас майда карда шудааст.

Барои муайян намудани металлҳои вазнин қисмҳои алоҳидаи растаниҳои шифобахши “Чоқла” аз дастгоҳи «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» (истеҳсоли ширкати СПЕКТРОН, Россия), ки тарзи истифодабарииш бо методи рентгенофлуоретсенсӣ фаъолият мекунад, истифода бурда шуд [6]. Таҳлили як намуна дар спектроскан 40 дақиқаро дарбар мегирад.

Муҳокимаи натиҷаҳо. Натиҷаҳои таҳлили миқдори МВ дар растаниҳои шифобахши «Чоқла», ки аз минтақаи Кӯлоб ҷамъовари шудаанд, дар ҷадвали 1 нишон дода шудааст. Дар раванди таҳқиқот маълум гардид, ки дар таркиби хок ва растаниҳо, ки дар кӯҳи Хоҷамӯмини ноҳияи Восеъ ва н. Ховалинги минтақаи шаҳри Кӯлоб мерӯяд, TiO₂ бо миқдори хеле кам мавҷуд аст, As бошад дар хок ва реша дарёфт гардид.

Ҷадвали 1. Қимати концентратсияи МВ дар таркиби растаниҳои «Чоқла»

Намунаҳо	Қимати концентратсияи МВ (мг/кг)											
	Кӯҳи Хоҷамӯмини ноҳияи Восеъ											
	V	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	MnO	As	TiO ₂ , %	Sr	Fe ₂ O ₃ , %	Pb
Барг	23,27	62,43	4,90	6,55	43,54	55,18	87,46	0,00	0,32	115,68	2,37	17,39
Поя	21,08	63,73	1,02	22,83	41,55	47,34	86,54	0,00	0,32	125,11	2,48	7,71
Реша	23,09	63,19	5,20	19,94	43,42	41,37	89,90	0,00	0,32	112,58	1,99	20,13
Миёнаи қиматҳо	22,48	62,45	3,70	16,44	42,83	47,96	86,96	0,00	0,32	117,79	2,28	15,07

Хок	31,56	63,19	26,94	6,52	46,96	48,94	88,97	2,00	0,35	112,85	3,02	4,19
КҲИ дар хок мг/кг	100	100	100	25	55	100	1500	2	0,50	-	-	32
Кларк	100	150	40	8	20	50	850	6	0,46	100	3,8	10
н. Ховалинг												
Барг	20,62	63,15	5,93	5,28	43,84	59,91	88,20	0,00	0,32	118,55	2,37	9,00
Поя	23,55	62,20	5,34	18,59	43,00	47,47	86,75	0,00	0,32	113,40	2,05	3,95
Реша	24,37	62,47	5,96	23,38	42,98	49,89	86,90	0,36	0,32	112,42	2,11	19,99
Миён аи қимат ҳо	22,84	62,60	5,74	15,75	43,27	52,42	87,28	0,36	0,32	114,79	2,17	10,98
Хок	21,57	63,92	36,28	10,52	45,69	81,65	91,35	0,00	0,40	113,27	4,99	8,76
КҲИ дар хок мг/кг	100	100	100	25	55	100	1500	2	0,50	-	-	32
Кларк	100	150	40	8	20	50	850	6	0,46	100	3,8	10

Элементҳои Cr, Cu ва Zn, дар барг, Co, As, Sr ва Fe₂O₃ дар поя ва дар реша бошад V, Ni, MnO ва Pb нисбатан зиёд аст. Дар раванди таҳхис маълум карда шуд, ки элементҳои Sr дар ҳама қисми растанӣ ва хок аз кӯҳи Хоҷамӯмини ноҳияи Восеъ нисбат ба дигар элементҳо зиёдтар аст. Дар хок элементҳои V, Ni, Cu, Zn, MnO, As ва Fe₂O₃ нисбат ба қисмҳои растанӣ зиёд мебошад.

Металҳои вазнин дар н. Ховалинг Cr, Zn ва Fe₂O₃, дар барг Sr дар поя ва дар реша бошад V, Ni, Co, Cu, MnO ва Pb нисбатан зиёд аст. Дар хоки ин минтақа элементҳои Ni, Zn, TiO₂ ва Fe₂O₃ дар қиёс бо қисмҳои растанӣ зиёд аст.

Муайян карда шуд, элементҳои V, As ва Pb дар намунаи аз Кӯҳи Хоҷамӯмини ноҳияи Восеъ ҷамовари кардашуда дар қиёс ба намунаи н. Ховалинг зиёдтар аст. Элементҳои Ni, Co, Zn ва TiO₂ аз намунаи н. Ховалинг дар қиёс ба намунаи Кӯҳи Хоҷамӯмини ноҳияи Восеъ зиёд мебошад.

Сурб дар решаи чокла ки дар ноҳияи Восеъ ҷамоваришуда нисбат ба хок 4,8 маротиба ва дар барг 4,15 маротиба зиёд буда дар ноҳияи Ховалинг ҷамовардашуда 2.23 маротиба зиёд мебошад. Элементҳои арсен ва синк дар узвҳои растаниҳо аз хок дида камтар мушоҳида мешавад.

Адабиёт

1. Валиев, Н. Р. Таҳқиқоти металлҳои вазнин дар таркиби гиёҳи шифобахши чокла (*Inula helinum* L.) // Н. Р. Валиев / Кишоварз. - 2022. - №4(97). – С.40- 45.
2. Давлатмамадова, С.Ш. Исследование влияния низкоинтенсивного лазерного излучения и магнитного поля на спектральные характеристики листья одуванчика // С.Ш. Давлатмамадова, Т. Шукуров, Р. Марупов, С.Ф. Абдуллаев / Вестник ТНУ, - 2016, - №1/1(192), - С.142-146.
3. Шукуров, Т. Исследования влияния места произрастания на спектральные свойства лекарственного растения пастушья сумка обыкновенная методом ИК-спектроскопии // Т. Шукуров, С.Ш. Давлатмамадова, Р. Марупов, С.Ф. Абдуллаев / Вестник ТНУ. Серия естественных наук. - 2017. - № 1-2. - С. 125-132.
5. Шарофова, М.У. К вопросу о содержании переходных элементов в структурах растений // М.У. Шарофова, Ш.С. Сағдиева, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Ф. Раҳими, М. Миршаҳи / ДАН РТ. - 2018, -т.61,- №4, - С.350-359.
6. Sebic, A.S. Heavy Metals Content in Selected Medicinal Plants Commonly Used as Components for Herbal Formulations // A. S. Sebic, R. Pivic, D. Josica, Z. Dinic, A. Stanojkovic / Tarim bilimleri dergisi — journal of agricultural sciences. – 2015, - v. 21, - Pp. 317-325.
7. Марупов, Р.М. Содержание тяжелых металлов в пробах некоторых лекарственных растений Таджикистана // Р.М. Марупов, С.Ф. Абдуллаев, К.Х. Хайдаров, Г.М. Бобизода, Т. Шукуров, Дж. Н. Джалилов / ДАН РТ, - 2018, - т.61. - №6. - С. 350-359.

РАДИАТСИЯИ ОФТОБӢ ВА САЛОМАТИИ ИНСОН

¹Р.Р. Ваҳобов, ²Р.Я. Акрамова, ³Ш.Б. Ятимова, ²Ҷ. Я. Мусоева

¹Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови АМИТ; ²Донишгоҳи давлатии Кӯлоб ба номи А.Рӯдакӣ; ³Коллеҷи педагогии ба номи Хосият Махсумова
E-mail: rajabali.r.vahobov@gmail.com

Офтоб манбаи бузурги энергияест, ки дар рӯи замин ҳаётро имконпазир месозад. Аммо таъсири радиатсияи Офтобӣ метавонад ба саломатии инсон таъсири чиддӣ расонад. Дар тӯли якчанд сол радиатсияи офтобӣ ва саломатии инсон яке аз мавзӯҳои доғ дар саросари ҷаҳон дар соҳаи фотобиофизика буд. Физикҳо, биологҳо ва табибони тиб кувваҳоро муттаҳид мекунад, то ба мушкилот аз паҳлӯҳои гуногун ҳамла кунанд. Сабаби тавачҷуҳи шадид ба мавзӯ, бешубҳа, дар он аст, ки таъсири сершумори мусбати таъсири Офтоб ба саломатӣ ба наздикӣ ошкор карда шудааст [1,2].

Радиатсияи Офтобӣ - тамоми ҷараёни интегралӣ (умумии) радиатсияи аз ҷониби Офтоб баровардашуда, ки лаппишҳои электромагнитӣ бо дарозии мавҷҳои гуногун мебошанд (расми 1) [3].



Расми 1 - Навъҳои афканишот (радиатсия) - и офтобӣ [3]

Ҷадвали 1 - Тақсимои ҳудудҳои спектри радиатсияи Офтобӣ [3]

	Ҳудуди ултрабунафши спектри офтобӣ	Ҳудуди намоёни спектри офтобӣ	Ҳудуди инфрасурхи спектри офтобӣ
Дар сарҳади атмосфераи Замин	5%	52%	43%
Дар сатҳи Замин	1%	40%	59%

Дар зери таъсири нурҳои ултрабунафш пӯсти мо ранги тиллоӣ мегирад - рамзи саломатӣ ва некӯаҳволӣ. Бо вучуди ин, агар мо пӯстамонро муҳофизат накунем, нурҳои Офтоб дар фасли гармо метавонад ба як силоҳи пурқувват табдил ёбад, ки боиси сӯхтагӣ ва пиршавии пӯст гардад [2-6].

Дар мақола мо ҷиҳатҳои мусбат ва манфии радиатсияи Офтобро мавриди таҳқиқ қарор додем:

"Ҷиҳатҳои мусбии радиатсияи Офтоб "

1) Нури Офтоб ба ҳосилшавии витамини D дар организм мусоидат мекунад, ки ҷаббиши калсийро, ки барои устухонҳо ва дандонҳо зарур аст, беҳтар мекунад.

2) Микросиркулятсияи хунро беҳтар мекунад.

3) Офтоб болидарӯиро меафзояд

4) Пӯстшиносон истифодаи нурҳои ултрабунафшро ба миқдори кам барои табobati бемориҳои пӯст тавсия медиҳанд. Ба монанди псориаз, дерматит, экзема. Зеро нури офтоб ҳосияти таъсири зидди бактериявӣ, хушккунанда дорад [1-6].

"Ҷиҳатҳои манфии радиатсияи Офтоб"

1) Вайроншавии системаи масуният.

Ин каме аҷиб аст. Мо танҳо дар бораи он сӯҳбат кардем, ки Офтоб системаи иммуниро мустақкам мекунад. Ва ҳоло мо мегӯем, ки Офтоб боиси вайрон шудани системаи масуният мегардад. Гап дар сари он аст, ки «миёнаи тиллоӣ» дар ҳама чиз муҳим аст. Ҷиҳатҳои мусбат ва манфии радиатсияи Офтоб ба он вобаста аст, ки мо дар Офтоб бадани худро чи қадар вақт метобонем. Агар аз муҳлати муқараршуда зиёдтар дар зери таъсири Офтоб бимонем вай метавонад ба бадану пӯсти мо зиёновар бошад. Бо зиёдшавии таъсири аз ҳад зиёди нурҳои ултрабунафш системаи масунияти бадан баръакс вайрон шуда паст мешавад [1-6].

2) Авҷ гирифтани ҷараёни бемориҳои музмин.

Вақте ки мо ҷиҳатҳои мусбии радиатсияи офтобро баррасӣ кардем, дар бораи он сӯҳбат кардем, ки ба шарофати радиатсияи Офтоб гардиши хун афзоиш меёбад, мубодилаи моддаҳо ва иммунитет беҳтар мешавад. Он инчунин тамоми равандҳои баданро суръат мебахшад. Дар натиҷа агар дар бадан бемории музмин пайдо шавад, дар зери таъсири Офтоб инкишофи он суръат мегардад: масалан, варами хурди ғадуди сипаршакл вучуд дошта бошад, дар зери таъсири радиатсияи Офтоб он зуд афзоиш меёбад [1-8].

3) Барангезандаи саратон.

Аз ҳисоби миқдори аз ҳад зиёди радиатсияи ултрабунафш, инчунин эҳтиёт накардан аз радиатсияи шадиди ултрабунафши Офтоб, беморӣ ба монанди меланома, саратони пӯст метавонад инкишоф ёбад.

4) Таҳдид ба чашм

Нури ултрабунафш ба чашмҳо таъсир мерасонад ва боиси абрнок шудани булӯри чашм мегардад, ки баъдтар метавонад чунин бемории катарактаро ба вучуд орад. Аз ин рӯ, беҳтар аст, ки чашмони худро аз радиатсияи ултрабунафш муҳофизат кунед [1-10].

Адабиёт

1. Juzeniene, A., Brekke, P., Dahlback, A., Andersson-Engels, S., Reichrath, J., Moan, K., Holick, M. F., Grant, W.B., & Moan, J.. Solar radiation and human health. // Reports on Progress in Physics, 2011, 74(6), [066701].
2. Vaquero J. M. A forgotten naked-eye sunspot recorded by Galileo // Sol. Phys. 2004, 223283–6
3. Vaquero J. M. Historical sunspot observations: a review Adv. //Space Res. 2007, 40929–41
4. Benz, A.O. Flare observations. // Living Rev. Sol. Phys. 2008, 5, 1. doi: 10.12942/lrsp-2008-1;
5. Usoskin I. G. A history of solar activity over millennia // Living Rev. Sol. Phys. 2008, 53 <http://www.livingreviews.org/lrsp-2008-3>
6. Svensmark H. et al., Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage—a missing link in solar-climate relationships // J. Atmos. Sol. Terr. Phys. 1997. V.59 Is. 12 pp.25–32
7. Morner N. A. Solar minima, Earth's rotation and Little Ice Ages in the past and in the future: The North Atlantic-European case // Global Planetary Change, 2010, 72, 282-293.
8. Woods T. N. et al Solar irradiance variability during the October 2003 solar storm period // Geophys. Res. Lett. 2004, 31L10802.
9. Woods T. N. et al., Validation of the UARS solar ultraviolet irradiance: comparison with the ATLAS 1 and 2 measurements //J. Geophys. Res. 1996, 1019541–69
10. Woods, T.N., Elliott, J. Solar Radiation and Climate Experiment (SORCE) X-Ray Photometer System (XPS): Final Data-Processing Algorithms. // Sol Phys. 2022, 297, 64. <https://doi.org/10.1007/s11207-022-01997-4>

ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ ДАР МИНТАҚАҲОИ КЎҲӢ

²Нодиров К.А., ¹Абдуллаев С.Ф., ²Акрамова Р.Я.

¹Институту физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ

²Донишгоҳи давлатии Кӯлоб ба номи А.Рӯдакӣ

E-mail: nodirzoda95@mail.ru.

Кӯҳҳо аз ҷумлаи минтақаҳои мебошанд, ки аз тағйирёбии иқлим бештар осеб дидаанд ва баъзе далелҳои равшантарин, аз қабилҳои коҳиши пирияхҳо, аз минтақаҳои кӯҳӣ бармеоянд. Тавре ки дар ин нашрия нишон дода шудааст, таъсири тағйирёбии иқлим дар кӯҳҳо аз минтақаҳои кӯҳӣ хеле фаротар хоҳад буд: тағйирёбии иқлим дар кӯҳҳо як масъалаи глобалист[1].

Дар кӯҳҳои ҷаҳон тақрибан 800 миллион нафар зиндагӣ мекунанд. Онҳо ҳамчун манораҳои об барои миллиардҳо хизмат мекунанд ва барои тамоми ҷаҳон хидматҳои экосистема пешниҳод мекунанд. Тағйирёбии иқлим ба минтақаҳои кӯҳӣ ҷаҳон таъсир мерасонад ва метавонад хидматҳои муҳими кӯҳҳо зеро хатар гузорад. Ин метавонад таъсириро ба таъминоти оби нӯшокӣ, тавлиди нерӯи обӣ, мутобиқати кишоварзӣ ва хатарҳои хатарҳои табиӣ дар бар гирад. Тағйирёбии иқлим метавонад ҳодисаҳои шадиди обу ҳаворо ба мисли мавҷҳои гармӣ, хушксолӣ ва боришоти шадид ба вучуд орад, ки боиси обхезӣ ва ярҷ дар кӯҳҳо ва обхезии васеъ дар пастиҳои атроф мегардад.

Минтақаҳои кӯҳӣ градиентҳои бузурги иқлимиро дар миқёси хурди фазои нишон медиҳанд ва бо гуногунии микроиқлимҳо ва макроиқлимҳо хосанд. Ин ба дараҷаи баландии онҳо, топография ва таъсири онҳо ба ҷараёни атмосфера вобаста аст. Масалан, фарқияти инсолятсияи офтоб байни кӯҳҳо ва доманакӯҳҳо системаҳои шамолҳои хосро ба вучуд меорад. Баландшавии релеф метавонад боиси конвексия ва боришот гардад[2].

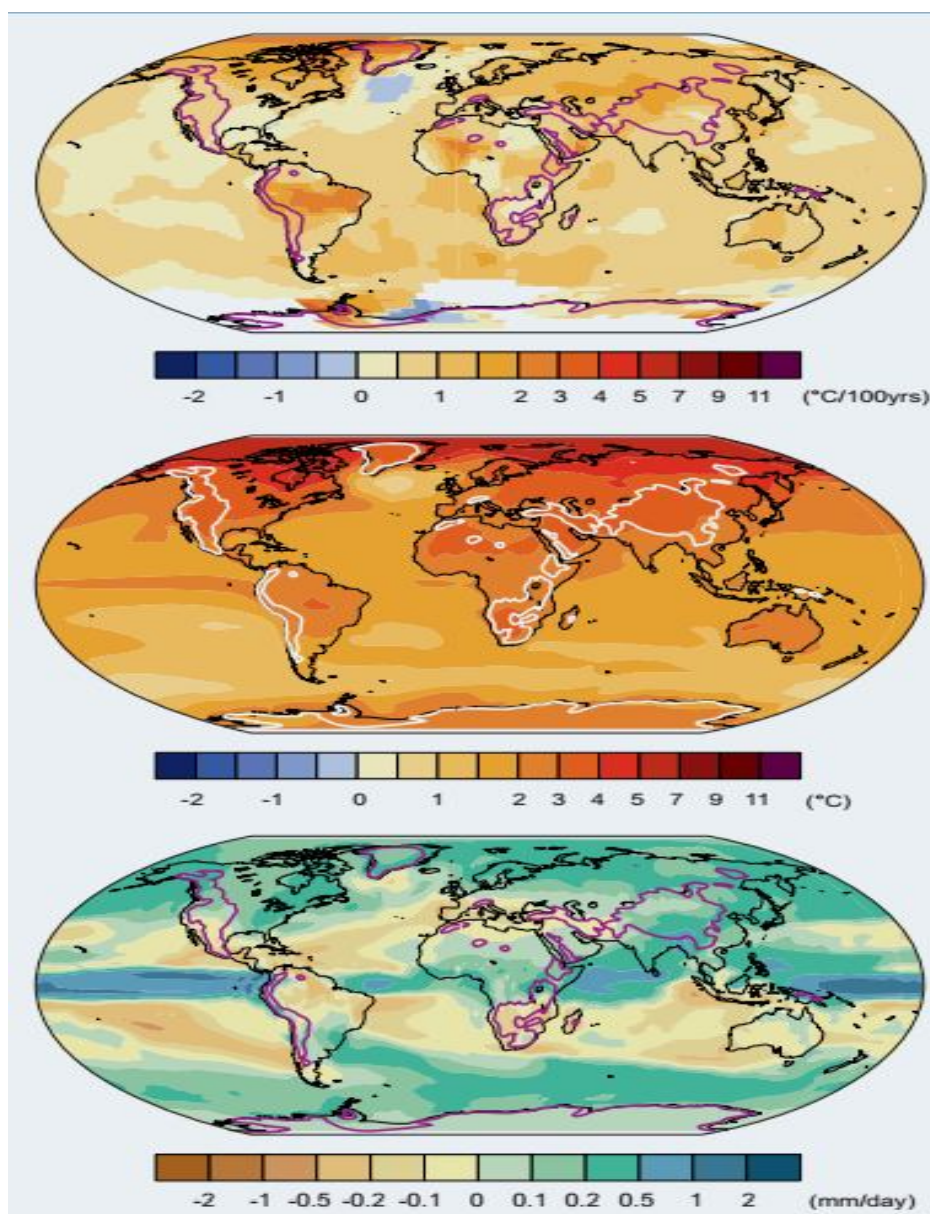
қаторкӯҳҳои қалон аксар вақт ҳамчун монеаҳои иқлимӣ амал мекунанд, ки иқлими намнок дар тарафи шамол ва нимбиёбон дар тарафи чапи онҳо. Аз сабаби баландии худ, бисёр минтақаҳои кӯҳӣ сарҳадҳои муҳими экологиро, аз қабилҳои сарҳадҳои ҷангал, сарҳади барф ё мавҷудияти пирияхҳо ё яхбандии абадӣ убур мекунанд. Тағйироти иқлимӣ дар ин сарҳадҳо метавонанд равандҳои бозгаштро ба вучуд оранд (ниг. ба ҷаҳорҷӯба дар саҳифаи 11), ки ба иқлими маҳаллӣ таъсир мерасонанд. Масалан, болоравии хатти барф ва обшавии яхбандии абадӣ метавонад хатари офатҳои табиӣ зиёд кунад ва инчунин тамоюли гармшавиро аз сабаби паст шудани инъикоси инъикос суръат бахшад. Тағйирот дар ин сарҳад метавонад ба экосистемаҳо (масалан, макони зисти намудҳо) таъсири ҷиддӣ расонад ва метавонад ба хатарҳои табиӣ, иқтидори иқтисодӣ ва истифодаи замин таъсир расонад[3].

Дар тӯли 100 соли охир қураи замин тақрибан 1 °С гарм шуд [1]. Аммо, ин гармшавӣ аз ҷиҳати фазои якраңг набуд. Материқҳо нисбат ба укёнусҳо тезтар гарм шуданд ва арзҳои баландтар нисбат ба пасттарин тезтар гарм шуданд. Арктика махсусан тез гарм шуд (Расми 1). Суръати афзоиши ҳарорат низ бо мурури замон тағйир ёфт. Дар 50 соли охир суръати гармшавии бештар аз 100 соли охир мушоҳида шудааст.

Системаи иқлим, ки аз атмосфера, укёнус, замин, массаҳои ях ва биосфера иборат аст, хеле мураккаб аст. Он на ҳамеша ба таври хаттӣ ба ихтилоли таҳмилшуда воқуниш нишон медиҳад. "Алоқаҳо" метавонанд системаро мӯътадил созанд ё воқуниширо тақвият бахшанд. Система метавонад "нуқтаҳои ҷархиш" -ро нишон диҳад ва тағйиротҳои метавонанд "бебозгашт" бошанд ё рафтори вобаста ба роҳро нишон диҳанд ("гистерезис"). Дар зер таърифи ин истилоҳот, ки ба IPCC (2013) зич пайравӣ мекунанд, оварда шудаанд.

Таъсири мутақобилае, ки дар он ҳалалдоршавӣ дар як миқдори иқлим боиси тағйирёбии сония мегардад ва боиси тағйирёбии иловагии миқдори аввал мегардад. Агар ин тағйирот изтиробии ибтидоиро заиф созад, фикру мулоҳиза манфӣ гуфта мешавад; агар он ташаббусии ибтидоиро пурзур намояд, фикру мулоҳизадо мусбат аст. Баррасии яхи баҳр – альбедо мисоли фикру мулоҳизаҳои мусбӣ аст: кам шудани яхи баҳр инъикоси радиатсияи кӯтоҳмавҷро коҳиш медиҳад ва боиси афзоиши энергияи аз ҷониби укёнус ҷаббидашуда

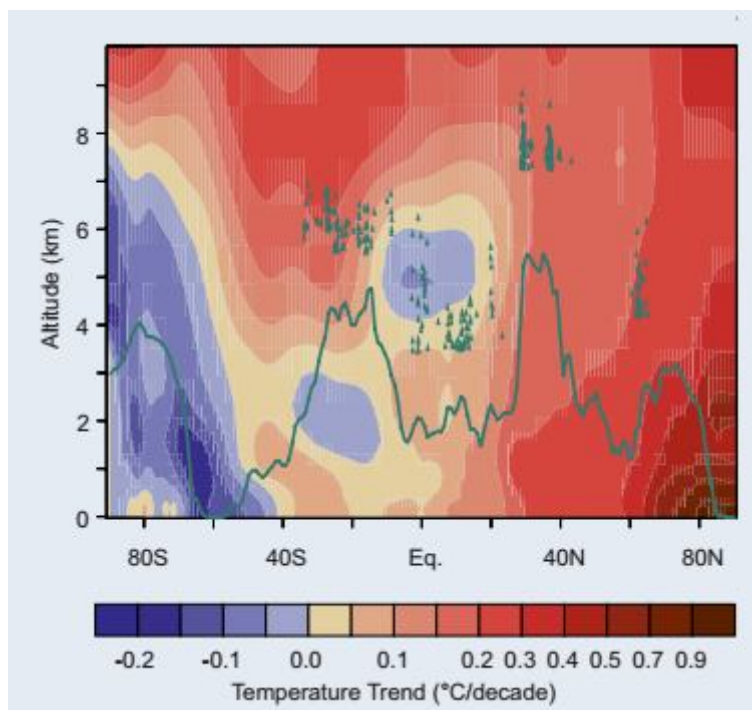
мегардад ва ин дар навбати худ боиси кохиши минбаъдаи яхи баҳр мегардад. Ҳамин гуна механизми бозгашт ба хати барф дар минтақаҳои кӯҳӣ таъсир мерасонад



Расми 1 - Тамоюли хаттии ҳарорати миёнаи солонаи ҳаво (боло) аз соли 1900 то 2013. Манбаи маълумот: NASA/GISS [2]. Тағйироти намунавӣ дар ҳарорат (миёна) ва боришот (поён) аз солҳои 1985–2005 то 2081–2100 тибқи сценарияи партовҳои муътадил то баланд (RCP6.0, зермаҷмӯаи CMIP5 Атлас аз KNMI Climate Explorer; нигаред [3]). Хатҳои аргувон ва сафед рельефи зиёда аз 1000 мро нишон медиҳанд

Дар миқёси боз ҳам калонтар, минтақаҳои кӯҳӣ ба монанди Ҳимолой ва Платои Тибет (ниг. омӯзиши мисолҳо) дар гардиши муссонҳо нақши муҳим доранд. Таъсири тағйирёбии иқлим ба минтақаҳои кӯҳӣ метавонад чараёни муссонҳоро тағир диҳад ва боришоти муссониро шиддат бахшад, ки ба шароити кишоварзии қисми зиёди аҳолии ҷаҳон таъсир расонад.

Дар давоми 35 соли охир ноҳияҳои кӯҳистонии ҷаҳон, яъне минтақаҳое, ки баландии онҳо аз 1000 метр зиёд аст, на камтар ва на бештар аз заминҳои пастзамин гарм нашудааст. Аммо шакли амудии гармшавии атмосфера вобаста ба арзи гуногун (дар расми 2 барои давраи аз соли 1979 нишон дода шудааст)[4].



Расми 2 - Тамоюли хатии ҳарорати миёнаи солонаи минтақавӣ аз соли 1979 то 2013.

Хати сабз баландии қаторкӯҳҳои калони кӯҳиро ифода мекунад (масалан, Анд тақрибан 4000 м дар наздикии 20° Ҷануб, Плато Тибет тақрибан 5000 м наздики 30° Ним); қул्लाҳои алоҳида ҳамчун секунҷаҳои сабз нишон дода шудаанд. Манбаи маълумот: ERA-Interim reanalysis [4]

Дар Арктика гармшавии охирин дар наздикии замин сахттар аст. Аз як тараф, ин ба равандҳои фикру мулоҳизаҳои сатҳи рӯизаминӣ, аз қабيلي “яхҳои баҳрӣ ва аксуламали алbedo” (ниг. ба ҷаҳорҷӯба дар саҳифаи 11), як раванди мусбӣ, ки маъмулан бо Арктика алоқаманд аст, ки ба минтақаҳои сербарф низ дахл дорад. Аз тарафи дигар, ин дар он аст, ки конвексия дар Арктика кам ба назар мерасад, бинобарин гарм шудани сатҳи Замин аз газҳои гулхонаӣ ба болои атмосфераи ин ҷо кам таъсир мерасонад. Дар тропикӣ, баръакс, гармшавии охирин дар баландҳои баландтарин ба мушоҳида мерасад. Ин аз сабаби бухоршавии иловагии замин аст. Конвексияи тропикӣ намии иловагиро ба тропосфераи боло мебарад, ки дар он конденсатсия гармӣ мебарорад. Ин афзоиши тамоюли гармшавӣ дар баландкӯҳҳо метавонад дар оянда ба минтақаҳои кӯҳӣ ва захираҳои об бештар таъсир расонад. Саволе, ки оё қул्लाҳои кӯҳҳои тропикӣ, ба монанди Андҳои Амрикои Ҷанубӣ, метавонанд дар ҷаҳони гармтар ва намноктар гармшавии махсусан шадидро эҳсос кунанд, таҳлили минбаъдаро талаб мекунад. Иқлими кӯҳӣ аксар вақт намунаҳои фазой мураккаби тамоюлҳоро дар дохили як минтақаи муайян нишон медиҳанд[5].

Адабиёт

1. Hartmann, D.L., Klein Tank, A.M.G., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Charabi, Y., Dentener, F.J., Dlugokencky, E.J., Easterling, D.R., Kaplan, A., Soden, B.J., Thorne, P.W., Wild, M. & Zhai, P.M. 2013. Observations: Atmosphere and surface. In T.F. Stocker, D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley, eds. *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 159–254.
2. Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M. & Lo, K. 2010. Global surface temperature change. *Revs. Geophys.*, 48(4): 1–29.
3. Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J.M., Dufresne, J.L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W.J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A.J. & Wehner, M. 2013. Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. In T.F. Stocker, D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley, eds. *Climate change 2013:*

The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 1029–1136.

4. Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Hólm, E.V., Isaksen, I., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N. & Vitart, F. 2011. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. Q. J. R. Meteorol. Soc., 137(656): 553-597.

5. Bradley, R.S., Keimig, F., Diaz, H.F. & Hardy, D.R. 2009. Recent changes in freezing level heights in the tropics with implications for the deglaciation of high mountain regions. Geophys. Res. Lett., 36(17): 1–4.

УСТАНОВКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ПО РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН ДЛЯ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКИХ СЕМЕЙ

Н.Рузи

Казахстанско-Немецкий Университет (DKU),

E-mail: najibullo90@yahoo.com

Преобразование энергии Солнца в электрическую или тепловую возможно с помощью трёх технологий:

Первый способ, чаще используется для получения тепла при помощи солнечных коллекторов - водонагревателей. Они устанавливаются в неподвижном состоянии на крышах домов при определённом угле к горизонту. Теплоносителем может служить воздух, вода или антифриз. Этот теплоноситель нагревается на 40-50 градусов выше температуры окружающей среды, что и обеспечивает работу коллекторов. Солнечные коллекторы могут применяться не только для обогрева. Ими кондиционируют воздух, сушат продукты сельского хозяйства и даже делают пресной морскую воду.

Второй способ превращает солнечную энергию не в тепловую, а в электрическую. Этот способ осуществляется за счет солнечных батарей на основе кремния, так называемых фотоэлектрических установок. Электроэнергия, полученная этим способом, дешевеет с каждым днем, что способствует быстрому развитию данного способа.

Третий способ тоже преобразовывает солнечную энергию в электричество. Этот осуществляется с помощью параболических или башенных солнечных электростанций, в которых энергия солнца концентрируется с помощью зеркал в одну точку, в которой нагревается теплоноситель, и таким способом происходит преобразование солнечной энергии – тепла в электрическую.

Солнечная электростанция (СЭС) – инженерное сооружение, преобразующее солнечную радиацию в электрическую энергию. Способы преобразования солнечной радиации различны и зависят от конструкции электростанции.

СЭС представляют собой сложный комплекс оборудования, состоящий из нескольких блоков:

Солнечные панели – вырабатывают энергию при солнечном свете;

Инвертор – отвечает за преобразование постоянного тока в переменный и подключение к внешней сети. Различают гибридные, автономные и сетевые инверторы;

Контроллер – распределяет энергию во внутренней сети, включая питание электроприборов и зарядку АКБ. Часто контроллер совмещают с инвертором в одном корпусе;

АКБ – аккумуляторы для накопления энергии, которую можно использовать в пасмурную погоду или в ночное время суток.

Принцип работы станции: солнечная батарея преобразует солнечную радиацию в электрическую энергию постоянного тока в дневное время и с помощью контроллера, заряжает аккумуляторную батарею (АБ). Уровень заряда АБ контролируется автоматически. Инвертор преобразует напряжение постоянного тока в переменный ток.



Рисунок 1 - Принцип работы солнечной электростанция

Солнечно-топливная электростанция (СТЭС) – Электростанция, преобразующая по единой технологической схеме энергию солнечного излучения и химическую энергию топлива в электрическую и тепловую энергию.

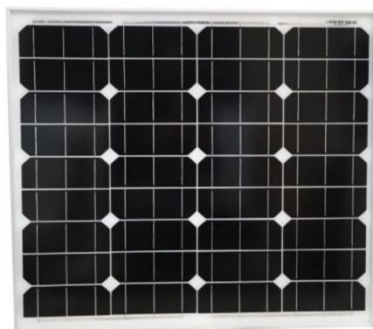


Рисунок 2 - Солнечная батарея

Солнечная батарея – объединение фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) – полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток, в отличие от солнечных коллекторов, производящих нагрев материала-теплоносителя.

Солнечный элемент – преобразователь энергии солнечного излучения в электрическую энергию, выполненный на основе различных физических принципов прямого преобразования.

Солнечный фотоэлектрический элемент – солнечный элемент на основе фотоэффекта.

Двусторонний солнечный элемент – солнечный элемент с двусторонней фоточувствительностью.

Термоэлектрический солнечный элемент – солнечный элемент на основе термоэлектрических явлений, в котором источником тепла является энергия солнечного излучения.

Солнечное теплоснабжение – использование энергии солнечного излучения для отопления, горячего водоснабжения и обеспечения технологических нужд различных потребителей.

Солнечное горячее водоснабжение – использование энергии солнечного излучения для нагрева воды с целью обеспечения коммунально-бытовых и технологических нужд различных потребителей.



Рисунок 3 - Солнечный коллектор

Солнечный коллектор – устройство для сбора тепловой энергии Солнца (гелиоустановка), переносимой видимым светом и ближним инфракрасным излучением. В отличие от солнечных батарей, производящих электричество, солнечный коллектор производит нагрев материала-теплоносителя [1].

Обычно применяются для нужд горячего водоснабжения и отопления помещений.



Рисунок 4 - Солнечная печь

Солнечная печь – представляет собой простейшее устройство для использования солнечного света для приготовления пищи без использования топлива или электроэнергии.

Принцип работы солнечной печи, как и солнечного коллектора основан на парниковом эффекте. Солнечные лучи проникают сквозь стекло, и нагревают черную поверхность внутренней части печи, таким образом, происходит нагрев. Поскольку внутренняя часть герметична, а стекло препятствует выходу тепла, то температура внутри печи повышается до тех пор, пока излучение и приток энергии уравниваются друг друга. Таким образом, температура в печи может достигать 120-150 градусов. Этого достаточно чтобы приготовить кашу, сварить яиц, сосиски. Каждая печь позволяет сэкономить 15-20 кг дров в день, что снижает вырубку деревьев и выбросы в атмосферу парникового газа.

Достоинства и недостатки солнечной энергетики

Плюсы солнечной энергетики очевидны:

- Солнечное излучение бесплатно и доступно каждому, для организации энергоснабжения не нужны дорогие линии электропередач, хранилища топлива и многое другое. Достаточно лишь солнечных электроцентралей (СЭЦ) и солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС), поместить необходимое оборудование на своем участке - и доступ к солнечной энергии обеспечен.

- Кроме того, гелиоэнергетика экологична: нет ни ядовитых выбросов, ни вредных побочных эффектов. Отсутствует даже шум, в отличие от ветрогенераторов. А оборудование, предлагаемое современными производителями, вполне надежно и долговечно.

- Несмотря на относительно большую стоимость (сравнимую, впрочем, со стоимостью других вариантов организации автономного энергоснабжения), оно довольно быстро окупается и начинает поставлять совершенно бесплатное электричество высокого качества.

- Еще один плюс: оборудование требует минимального ухода и может размещаться так, что практически не будет занимать места (например, на крыше дома).

Недостатки солнечной энергетики

- Солнце не светит 24 часа в сутки, и по ночам солнечные панели простаивают.

- Но даже это полбеды. Проблема в том, что далеко не каждый день выдается достаточно солнечным для того, чтобы оборудование работало на полную мощность. Дожди, снегопады, туман - все это снижает эффективность солнечных панелей. Поэтому приходится использовать аккумуляторы, которые заряжаются в солнечные дни, и расходовать эту энергию в ночное время суток, а также при пасмурной погоде. Кроме того, солнечные панели часто сочетают с другими видами генераторов, чтобы компенсировать дождливые, снежные или туманные дни.

- К недостаткам гелиоэнергетики обычно относят и низкий КПД фотоэлектрических элементов, тем более что в сочетании с достаточно высокой стоимостью собственной солнечной электростанции это увеличивает срок окупаемости оборудования. Действительно, сегодня производители в основном предлагают фотоэлементы с КПД около 16%, и лишь у лучших образцов (и, соответственно, самых дорогих) он достигает 25%. Но уже разработаны фотоэлементы, имеющие КПД 43,5%, так что в ближайшем будущем можно ожидать снижения цен на оборудование, а также значительного роста его эффективности.

Воздействие на окружающую среду энергия солнца в целом является одним из наиболее чистых в экологическом отношении видов энергии. Однако известно, что потенциальный вред от солнечной энергетики на окружающую среду может наблюдаться при производстве и захоронении (или утилизации) отходов (кадмий, галлий, мышьяк, теллур). Источником загрязнения окружающей среды являются заводы производящие полупроводниковые материалы солнечных элементов, а не солнечная энергия, которая является "чистой".

Серьёзных претензий к солнечным водонагревательным и отопительным установкам у экологов нет, к тому же они маломасштабные. Могут быть проблемы при вытекании антифризов из 2-х, 3-х контурных систем. Касательно солнечных электростанций (СЭС), солнечных электроцентралей (СЭЦ) и солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС), то условно экологически чистой можно назвать лишь их эксплуатацию [2].

В таб. 1 представлена эмиссия вредных веществ при производстве и использовании солнечных элементов и модулей.

Кремний является стабильным материалом и по существу не представляет опасности для окружающей среды. В производстве кремниевых солнечных элементов вредные вещества выделяются также, как и в электронной промышленности, в целом, и в этих случаях

мониторинг и контроль, как на заводах, так и в окружающей среде осуществляется постоянно [3].

Таблица 1- Эмиссия вредных веществ при производстве и использовании солнечных элементов и модулей*

Материал	Эмиссия при производстве	Эмиссия при использовании	Захоронение (утилизация)
Кремний	Кремниевая пыль, Силакс Диборан, Фосфин, Растворители		
Диселенид меди	Селенид водорода, Оксид кадмия, Селен, Растворители	Кадмий, Селен (в огне)	Кадмий, Селен (если не утилизируется)
Теллурид кадмия	Оксид кадмия, Кадмиевая пыль, Теллур, Растворители		Кадмий, Теллур (если не утилизируется)

*Источник: Ахмедов Х.М., Каримов Х.С. Солнечная электроэнергетика. Душанбе, Дониш, 2007, 179 с.

При производстве солнечных элементов на основе диселенида меди и индия, а также теллурида кадмия потенциальный вред может иметь место из-за использования селенида и кадмия. В таблице 1 приведены данные по эмиссии различных вредных веществ и соединений при производстве, солнечных элементов и модулей.



Рисунок 5 - Институт Гинекологии



Рисунок 6 - Солнечная электростанция в г. Душанбе – мощность 40 кВт. Мургабе на Памире – мощность 220 кВт

Наиболее перспективным направлением использования солнечной энергии является ее использование в солнечных системах теплоснабжения.

Загрязнение окружающей среды, повышение температуры атмосферы приводят к изменениям климата. Дефицит энергии и ограниченность топливных ресурсов, особенно в отдаленных и труднодоступных районах всё с нарастающей остротой показывают неизбежность перехода к возобновляемым источникам энергии.

Таджикистан обладает большим потенциалом возобновляемых и нетрадиционных источников энергии, так как в республике практически отсутствуют источники углеводородного способа генерации энергии, нефть, газ и уголь. Необходимость использования распределенной генерации ВИЭ подтверждается тем, что многие населенные пункты чрезмерно удалены и не связаны с объединенной энергосистемой

Таджикистана. Почти всегда, особенно в сельской местности, отсутствии малых водотоков может быть компенсировано за счет доступности энергии солнечной радиации и ветровых потоков. Есть опыт создания устройств и систем для использования ВИЭ в Таджикистане. Имеются примеры международного сотрудничества в области изучения и распространения опыта использования ВИЭ.

Установки по использованию солнечных фотоэлектрических станций по Республики Таджикистан.



Рисунок 7 - Установка для нагрева воды на базе солнечных коллекторов



Рисунок 8 - Филиал Национального банка г. Курган-Тюбе –мощность 30 кВт



Рисунок 9 - Солнечная энергоустановка на крыше в 13 этажного жилого дома г. Душанбе – мощность 15 кВт

Необходимо рациональное использование всех видов энергоресурсов с учетом применения инновационных высокоэффективных технологий преобразования энергии, энергосбережения и охраны окружающей среды.

Следует иметь в виду, что не весь энергетический потенциал воды, солнца и ветра может быть использован по техническим и экономическим соображениям. Так для гидроэнергии доступный потенциал составляет 16700 МВт, который составляет 24% от общего потенциала гидроэнергетических ресурсов. В настоящее время используется 4%. Для солнечной энергии доступный энергетический потенциал составляет 570 МВт, что составляет 13% от общего солнечного потенциала. Для ветровой энергии составляет 28 МВт, который составляет 0,1% от общего потенциала ветровой энергии.

Переход на ВИЭ напоминает выражение «Все новое — это хорошо забытое старое». Вспомним, что каких-нибудь 200-300 лет назад на Земле люди использовали исключительно возобновляемые источники энергии: растительное топливо, энергию ветра (ветряные мельницы), энергию водных потоков (водяные колеса), тепло солнца для обогрева воды в сосудах. Теперь мы возвращаемся к истокам, но на новом уровне, вооруженные принципиально новой и во много раз более мощной наукой и эффективной технологией.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51237-98. Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000, 16 с.
2. Капралов А.И. Рекомендации по применению жидкостных солнечных коллекторов. ВИНТИ, 1988
3. Лекция №13. Экологические аспекты использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. [Электронный ресурс] // - URL: <https://megaobuchalka.ru/8/10318.html> (дата обращения: 26.03.2020).

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОБЛАЧНОСТИ НА РАБОТУ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК

Салиев М.А., Кодиров А.С., Мирзокобилова Ф.О., *Абдуллаев С.Ф.

Центр инновационного развития науки и новых технологий НАНТ,

Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ

E-mail: cidsnt@mail.ru

Расчет выработки электроэнергии солнечных электрических станций (СЭС) в условиях Центральной Азии с учетом температуры местности по спутниковым данным проведен в работе [1], где предложено проведение пилотного экспериментального исследования СЭС. В работе [2] получена оценка влияния суточного и сезонного колебания температуры фотоэлектрического модуля на энергетическую эффективность (КПД) солнечных установок. Исследование влияния климатических, метеорологических факторов на КПД солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ) проведено в работе [3]. Энергетическая эффективность СФЭУ зависит также от технических факторов, размера панелей, угла установки, способа подключения к нагрузке. Использование аккумуляторных батарей и зарядных устройств приводит к дополнительным потерям которые составляют 15...20%. На работу солнечных установок существенно влияют атмосферные явления (АЯ), такие как облачность, туман, пыль, смог, дождь и снег.

Выработка электроэнергии уменьшается за счет атмосферных явлений в отдельные дни практически нуля, а месячная выработка уменьшается на 60% и более в зимние месяцы в условиях Центральной Азии [4]. В летний период за счет образования антициклона, когда вероятность облачной погоды минимальна, пылевое загрязнение атмосферы также может значительно уменьшить выработку электроэнергии. Средние месячные показатели уменьшения выработки СФЭУ за счет пыли составляют 10...15%.

Выработка электроэнергии СФЭУ при пылевой буре уменьшается практически до нуля в начале поступления пыли, в период последующих дней выноса и осаждения пыли выработка уменьшается на 50...30% [5]. Данные месячных показателей работы СФЭУ: выработка электроэнергии, КПД, уменьшение выработки за счет климатических сезонных факторов приведены в работах [3-6]. Анализ данных выработки СФЭУ для декадных и недельных интервалов проведен для 2019, 2020 и 2021 годов [7-8]. Полученные оценки

влияния климатических, метеорологических, технических факторов на КПД СЭС позволяют определить экономическую эффективность СЭС, прогнозировать среднесуточную, недельную, декадную, месячную, сезонную и годовую выработку электроэнергии, оптимизировать рабочие параметры оборудования и режим эксплуатации. Данные использованные в указанных выше работах [2-8] получены с помощью разработанного и созданного нами робота - устройства для непрерывного измерения и регистрации напряжения, тока на выходе солнечных модулей, температуры воздуха и модуля, влажности воздуха на основе микрокомпьютера. В данной работе проведена оценка уменьшения выработки электроэнергии СФЭУ за счет атмосферных явлений за суточный интервал времени в летний период на основе данных измерений выходного тока и напряжения установки.

Известно, что атмосферные явления обычно приводят к уменьшению прозрачности атмосферы, вследствие чего уменьшается выработка электроэнергии СЭС. Например, при появлении облаков прямая компонента солнечного излучения (СИ) уменьшается или вообще отсутствует. Интенсивность диффузной компоненты СИ несколько увеличивается, однако суммарное излучение может уменьшиться в несколько раз. Поэтому кривая выходного тока СФЭУ имеет провал во время прохождения облака над установкой.

Метод оценки влияния АЯ на работу СЭС основан на непрерывном измерении тока и напряжения установки для определения выработки электроэнергии в суточном интервале.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований, полученных непрерывным мониторингом выходного тока и напряжения солнечной фотоэлектрической установки (СФЭУ). Система регистрации данных на микрокомпьютере обеспечивает запись и хранение данных на флэш-карте объемом 1 Гб. Компьютерная программа обработки базы данных позволяет получить аналитическую информацию в заданном интервале времени суток, месяца, года.

Электрическая мощность на выходе СФЭУ P_i определяется по формуле:

$$P_i = U_i I_i \quad (1)$$

где I_i - ток, U_i - напряжение на выходе СФЭУ для i - го интервала времени.

Выработка электроэнергии W_i в заданном интервале i определяется как:

$$W_i = P_i \Delta t_i \quad (2)$$

где $\Delta t_i = 5 \text{ мин} = \text{const}$ является интервалом измерений.

Суточная выработка электроэнергии W_c определяется суммой выработки W_i в интервале от 1 до N:

$$W_c = \sum_{i=1}^N W_i \quad (3)$$

Средний месячный КПД фотоэлектрического модуля (ФЭМ) определяется:

$$\eta_m = W_m / E_m \quad (4)$$

где

$$W_m = \sum_{i=1}^M W_c \quad (5)$$

W_m – месячная выработка электроэнергии и M – число дней в месяце,

E_m – месячная сумма солнечного излучения на площади приемника.

Результаты измерений тока и напряжения на выходе СФЭУ с интервалом 5 минут хранятся в формате Excel и обрабатываются с помощью компьютера.

Условный месячный показатель прозрачности атмосферы T_m и коэффициент облачности $k_{\text{обл}}$ определяется по следующим соотношениями:

$$T_m = \langle W_c \rangle / W_{c\text{max}} \quad (6) \quad k_{\text{обл}} = 1 - \langle W_c \rangle / W_{c\text{max}} \quad (7)$$

Выработка электроэнергии солнечного фотоэлектрического модуля ранее исследованы в суточных, недельных, декадных, месячных и годовых интервалах времени в реальных городских условиях г. Худжанд [2-8]. Проведен анализ данных в недельных, декадных, месячных, квартальных и годовых интервалах [7-8]. В данной работе проведен анализ выработки СФЭУ с площадью $S=0,2 \text{ м}^2$ с информационной системой, специально созданной для исследований и контроля облачности местности. Суммирование выработки проведено за интервал 7 дней, следовательно, в формуле (5) значение $M = 7$, $i = 1, 2, \dots, 7$.

Мониторинг выработки электроэнергии W_i СФЭУ со 2 по 8 августа 2023 года представлен на рис. 1а. Суточные выработки электроэнергии СФЭУ W_c показаны на рис. 1б.

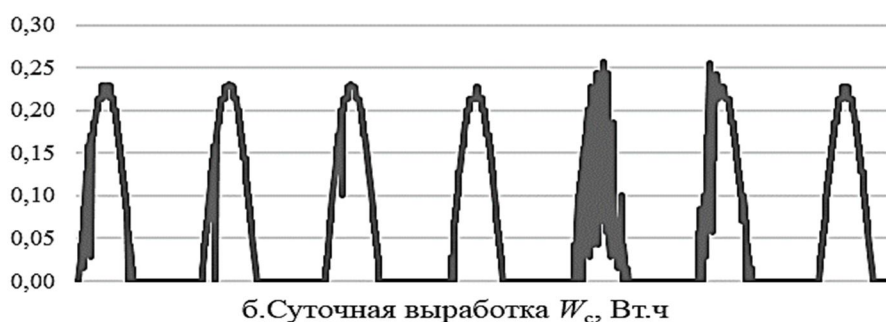
Результаты расчета суточных показателей $k_{\text{обл}}$ и T_c представлены на рис. 1в.

Выработка СФЭУ в этом недельном интервале W_7 составляет 118,8 Вт.ч.

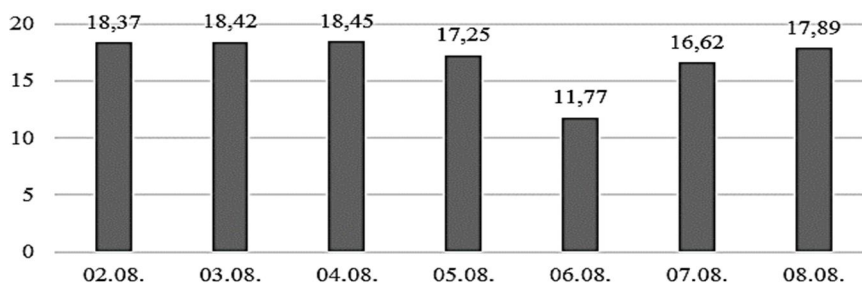
Среднесуточная выработка $\langle W_c \rangle$ в семидневке составляет 17 Вт.ч. Максимальная выработка на середину интервала $W_{\text{сmax}}$ составляет 18,5 Вт.ч. Относительный показатель прозрачности $T_7 = 8\%$. Коэффициент облачности $k_{\text{обл}}$ в семидневке составляет 92%.

Среднесуточное уменьшение выработки электроэнергии СФЭУ составляет 0,15 Вт.ч.

а. Выработка электроэнергии W_i , Вт.ч



б. Суточная выработка W_c , Вт.ч



в. Суточные показатели $k_{\text{обл}}$ и T_c

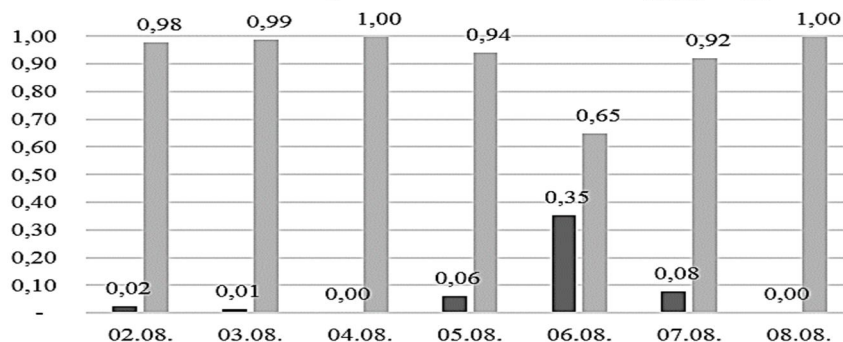


Рисунок 1 - Выработка электроэнергии W_i (1), суточная выработка W_c (2), Суточные показатели коэффициент облачности $k_{\text{обл}}$ и относительный показатель прозрачности T_c (в) в период 02.08.2023-08.08.2023г. в г.Душанбе.

Как видно из Рис. 1а, кривая W_i имеет провалы 2,3,5,6,7 августа 2023 года. Суточная выработка W_c уменьшаются в указанные дни (рис. 1б). Среднесуточная выработка $\langle W_c \rangle$ за 7 дней составляет 17 Вт.ч. Выработка W_c уменьшается до 11,8 Вт.ч на дату 06.08.23.

Суточный показатель прозрачности атмосферы составляет 65%, при суточном коэффициенте облачности 35%. Выше показано, что средний недельный показатель прозрачности атмосферы составляет 92%, при недельном коэффициенте облачности 8%.

Таким образом, разработано и создано оборудование для мониторинга облачности местности, разработана методика оценки суточного показателя прозрачности атмосферы для видимого диапазона спектра, получены данные по изменению суточного показателя прозрачности атмосферы в летний период.

Литература

1. Киселева С.В., Коломиец Ю.Г., Попель О.С., Тарасенко А.Б. Оценка эффективности фотоэлектрических станций в климатических условиях Кыргызстана. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE), 2015. -№1, -С. 14–25.

2. Салиев, М.А., Юмаев Н.Р., Джураев Э., Ахмедов Х.М. Оценка влияния климатических условий на эффективность работы солнечной фотоэлектрической установки. // Доклады АН РТ, 2019, -№1. -2, - С. 78-83.

3. Салиев, М.А., Ахмедов Х.М. Эффективность солнечной фотоэлектрической установки в реальных условиях эксплуатации. // Известия АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук, 2018. -№1, - С. 57-63.

4. Салиев М.А., Мирзокобилова Ф.О., Юсупова М.З., Ахмедов Х.М. Использование цифровой технологии контроля для оценки влияния климатических факторов на работу солнечной фотоэлектрической установки. // Известия АН РТ, 2020, № 4(181), С. 148-156.

5. Салиев М.А., Маслов В.А., Абдуллаев С.Ф., Ахмедов Х.М. Влияние пылевой бури на работу солнечной установки// Известия НАНТ, 2022. №4 (189) С.115-124.

6. Котликов Е.Н., Салиев М.А., Новикова Ю.А. Мониторинг выработки электрической и тепловой энергии солнечной фотоэлектрической термальской установки. // Вторая всероссийская научная конференция 14-22 апреля 2021г. С. Петербург. Моделирование и ситуационное управление сложных систем. Сборник докладов.С.62-67.

7. Кудузова М.А., Мирзокобилова Ф.О., Салиев М.А., Назаров Р.Р. Исследование влияния облачности местности на выработку электроэнергии солнечной фотоэлектрической установки. // Международная научная конференция 18-19 мая 2021г. ХГУ им.Б.Г.Гафурова, г.Худжанд.

8. Кудузова М.А., Мирзокобилова Ф.О., Салиев М.А., Назаров Р.Р., Цифровые технологии исследования выработки электроэнергии солнечной фотоэлектрической установки // Международная научная конференция 18-19 мая 2021г. ХГУ им.Б.Г.Гафурова, г.Худжанд.

О ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Юлдашев З.Ш.

ФТИ имени С.У. Умарова АМИТ, г. Душанбе, Таджикистан

E-mail: zarifjan_yz@mail.ru

Условия рыночных отношений востребовали необходимость повышения эффективности использования энергии в производстве продукции. Принципы существования предприятий (в их числе и предприятий АПК) не предполагают ослабления и тем более отказа от этой востребованности. Реакция на усиливающуюся конъюнктуру и рост потребности в материальной продукции должна для энергетики АПК Республики Таджикистан заключаться в фундаментальном пересмотре всех этапов ее создания и эксплуатации, начиная с проектирования и заканчивая постоянным контролем энергетической эффективности. Это потребует введения ряда новых понятий, методов, принципов в дополнение к существовавшим ранее и не обеспечившим готовность энергетики агропромышленного комплекса (АПК) к эффективной работе в новых условиях. К числу таких понятий относится потребительская энергетическая система (ПЭС) [1].

Для обоснования необходимости такого понятия достаточно сказать, что только в потребительских системах энергия используется и только в них образуется универсальный (по валовому продукту) и сравнимый показатель (или показатели) эффективности её использования.

Понятие ПЭС не имеет столь широкого распространения как, например, система энергоснабжения, содержание которого вполне сложившееся. Требование энергосбережения и особенно основной параметр эффективности энергоиспользования - энергоёмкость продукции определяют анализ потребительской структуры как совокупность элементов, эффективность которой зависит от эффективности энергетических процессов в каждом из них. Поэтому, прежде всего, необходимо рассмотреть общие системные положения и признаки, определить целевое назначение ПЭС и качество целевого функционирования. Подчинение разрабатываемых методов управления качеством с самого начала должно быть согласовано с принципами международных стандартов ИСО [2].

Производственная техническая система (ТС) - это материальный объект целевого (для выполнения действий) искусственного происхождения, который состоит из элементов, объединенных не только техническими, но и энергетическими связями и вступающих в определенные отношения, между собой и внешней средой, для достижения единой цели – выпуска продукции.

ПЭС не только приводит в действие техническую систему и обеспечивает выполнение функционального назначения ТС, но и определяет одно из качеств целевого функционирования ТС - энергоэффективность, от которой в значительной мере зависит положение ТС во внешних средах, прежде всего в рыночной и природной.

Энерготехнологические процессы ПЭС реализуют предусмотренные технологией производства процессы, как правило, не самим энергетическим оборудованием (элементом ПЭС), а с участием исполнительного инженерного устройства, являющегося элементом ТС. Поэтому ТС и ПЭС тесно связаны не только требованием надежности (сохранения работоспособности), но и требованием повышения энергоэффективности, так как этот совокупный показатель зависит как от энергетического элемента, так и от исполнительного устройства.

При проектировании производства существует этап, называемый выбором энергетического оборудования. Осуществляется выбор специалистами, профессионально подготовленными по основным видам энергии и соответствующему оборудованию (в основном, это электрическая и тепловая энергии). Практически до сих пор умение правильно выбрать оборудование является целью подготовки специалиста. Общепринятый принцип выбора - по максимальной расчетной нагрузке (мощности) с различными вариациями уточнения расчета. Параметр, по которому выбирается оборудование - номинальная мощность, соответствующая его наивысшей энергетической эффективности. Такой принцип выбора гарантирует высокую надежность энергообеспечения приемников энергии, имеющих переменную нагрузку, путем создания ресурса мощности. Так как наибольшая энергетическая эффективность соответствует только номинальной мощности, то и вариации ухудшения эффективности за какой-либо период времени будут зависеть как от свойств оборудования, так и от изменения нагрузки за это время. Кроме этого, выбранное оборудование может быть с постоянной мощностью (например, нагреватели, лампы), с пластичной (например, асинхронный электродвигатель) и с управляемой мощностью

(например, группа нагревателей с индивидуальным подключением, группы ламп с групповым отключением).

Очевидно, если оборудование оснащено автоматическим управлением с учетом нагрузки, то это создает условия для улучшения использования энергии, но не служит гарантией высокой эффективности, т.к. энергетическая эффективность является многофакторной функцией, а усложнение автоматизации приемлемо не для любого производства.

Таким образом, необходимость контроля энергетической эффективности ПЭС закладывается при ее синтезе (при выборе оборудования) и связано это с различным номинальным КПД оборудования (от 1% у ламп накаливания до 100% у элементных нагревателей воды), с различной зависимостью КПД от нагрузки и от наличия, отсутствия и сложности системы автоматического управления.

Необходимо отметить, что совокупность, образованная выбранным для производственного процесса оборудованием, не образует систему, связанную с энергоемкостью продукции. Об энергетической системе можно говорить только после того, как схема, включающая все оборудование, будет дополнена энерготехнологическими процессами (ЭТП), потребляющими энергию с целью получения необходимого для производства результата. Такое дополнение превращает обычную схему размещения оборудования в энергетическую схему, более информативную, т. к. она отражает производственные цели потребления энергии, достигаемые в определенных процессах, происходящих, как правило, не только в выбранном энергетическом оборудовании, но и в технологическом (рис 1).

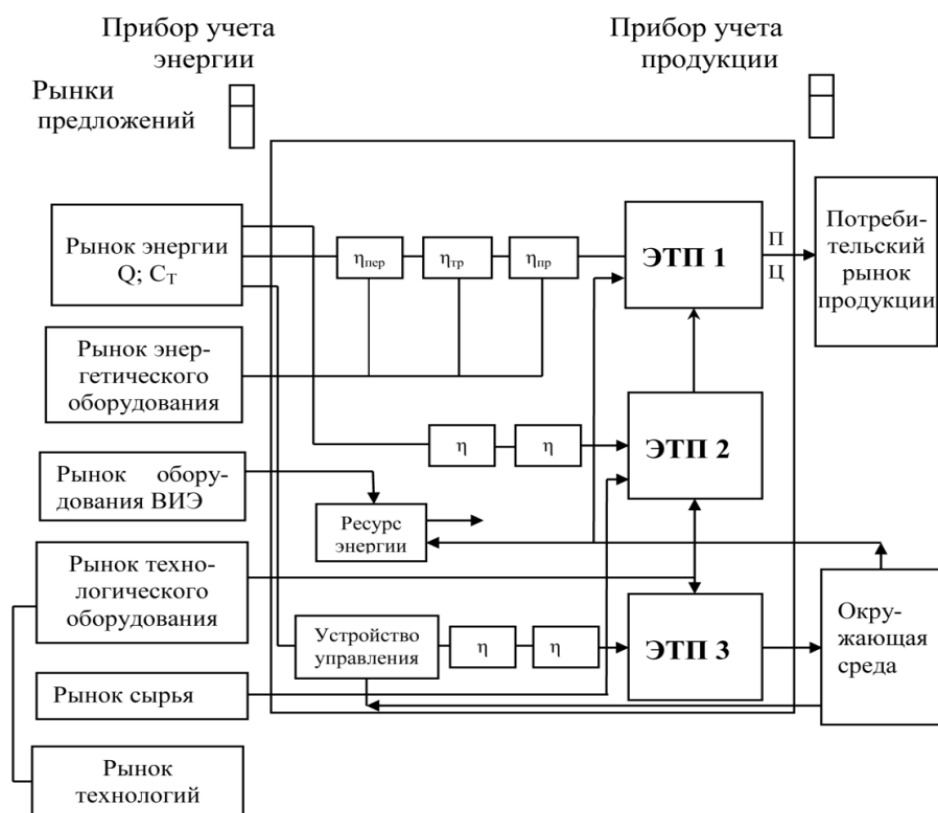


Рис.1. Потребительская энергетическая система

Введение ЭТП дает возможность рассматривать и анализировать процессы в оборудовании как относящиеся к общей искусственной сфере (одной из семи сфер

взаимодействия, принятых к системному рассмотрению [3])–технологической сфере. Именно ЭТП позволили рассматривать энергетическую систему предприятия во взаимодействии с другими сферами, прежде всего, с биосферой, экономической и социальной. Поэтому энергетическая схема потребителя, включающая ЭТП, представленная на рис. и описанная в [1], может считаться достаточно адекватным отображением ПЭС.

Предлагаемое представление ПЭС отражает основные аспекты, входящие в определение технической системы и раскрывающие содержание системности [3]:

А. Противодействие среды. ПЭС позволяет выявить противоречия «среда–система», связанные с энергетическими процессами, и разработать меры к их разрешению.

Примеры противодействующих сред:

- окружающая среда (природа) в части температуры, света, газового состава и др.;
- рыночная среда (цены на энергию, технологии, оборудование, с одной стороны, и цена продукции - с другой);
- социальная среда (энерговооруженность, комфортность и оплата труда);
- экономическая среда (развитие производства и комфортности проживания).

Б. Функция, функционирование, поведение. Требование к системе, необходимое для достижения цели, т.е. снятие противоречий со средами. ЭТП дифференцированно отражают это понятие.

В. Организация. Одно из значений этого понятия - структура, обуславливающая производственную функциональность системы.

Г. Управление. Ведущая часть организационного процесса.

Д. Целостность и селективность. Выбор оборудования (селекция)–не случайный процесс, обеспечивающий функциональность структуры.

Е. Качество целевого функционирования (КЦФ). Характеристика, оценивающая выходной эффект целевого функционирования, обладающая свойством измеримости, полноты и достоверности.

На основании приведенных понятий в [3] дано определение:

Система - организованная целостность селективно избранных компонентов, взаимодействие и взаимосвязь которых в процессе управления обеспечивает достижение поставленных целей с необходимым качеством целевого функционирования в условиях противодействия среды.

В этом определении качеству придана философская, категориальная сущность внутренней базовой определенности, проявляющейся через внешние свойства. Поэтому в общем случае предлагается считать, что в понятие КЦФ включаются смежные понятия эффективности, стоимости, управляемости, надежности и т.д. Для энергетической системы производственного потребителя, целью которого является производство продукции, предлагается основное содержание понятия КЦФ отнести к энергоемкости продукции.

Постановка задачи энергосбережения в общем виде должна рассматриваться как минимизация энергоемкости продукции Q_{Π} :

$$Q_{\Pi} = Q/P. \quad (1)$$

Математически энергия Q и объем продукции Π представляют собой определенные интегралы, т.е. значения к концу периода интегрирования.

Таким образом, речь идет о минимизации отношения двух интегральных значений. Известно, что каждое из этих значений может быть выражено функцией мощности $P(t)$ и

производительности $\Pi'(t)$. Известно также, что каждый из этих интегралов может быть выражен через линейную функцию в соответствии с теоремой Лагранжа [4]. Такая замена функции в точности сохраняет интегральное значение, но полностью утрачивает динамические особенности процесса интегрирования во времени. Если они важны, то от линеаризации следует отказаться. Важно также отметить, что рассчитывать на использование для различных элементов какой-либо простой функции для выражения $Q(t)$, т.е. для потребляемой элементом энергии в течение существенного промежутка времени, в условиях ПЭС не приходится. Даже аппроксимация зарегистрированной зависимости $Q(t)$ едва ли целесообразна, поскольку она скроет связь динамических особенностей с какими-либо конкурентными процессами в конкретных элементах ПЭС. Рассмотрим производную Q'_{Π} по времени в предположении, что функции производных существуют по определению:

$$Q'_{\Pi} = \frac{Q' * \Pi - Q * \Pi'}{\Pi^2} \quad (2)$$

Промежуточные (до равенства $Q'_{\Pi} = 0$) зависимости также интересны, в частности:

$$Q'_{\Pi} = \frac{1}{\Pi} (Q' - Q_{\Pi} * \Pi'). \quad (3)$$

Производная энергоемкости обратно пропорциональна объему выпущенной продукции без всяких оговорок (кроме ($\Pi = 0$)).

Знак числителя зависит от того, сохраняют или нет Q' и Π' соотношение, равное Q'_{Π} . На самом деле, если приравнять Q'_{Π} к нулю, т.е. определить условие постоянства Q_{Π} , то получим его в виде равенства:

$$\frac{Q}{\Pi} = \frac{Q'}{\Pi'} \quad \text{или} \quad Q_{\Pi} = \frac{Q'}{\Pi'}. \quad (4)$$

Делаем вывод о том, что энергоемкость продукции равна отношению функций. Если перейти к процессам, отображаемым функциями, то можно сделать вывод, что синхронное изменение Q' и Π' не вызывает изменение Q_{Π} , условием уменьшения Q_{Π} является неравенство $\Pi' > Q'$. Поскольку отсутствие функции, а проще сказать монотонности изменения мощности P и Π' в практике успешно может компенсироваться наличием счетчиков, то необходимо рассмотреть возможность и специфику перехода от интегральных значений к производным в условиях ПЭС. Важной особенностью ПЭС является то, что Q и Π связаны через энергетическую сеть потребителя, в которой энергия не только передается с потерями, но и используется в других ЭТП, не имеющих прямой энергетической связи с ЭТП, производящим продукцию, поэтому никак нельзя считать, что Π есть функция всей потребленной энергии. Поскольку интегральные значения Q и Π можно считать известными (измеряемыми), то и значение энергоемкости, соответствующее определенному промежутку времени, можно также считать известным. Уточнение задачи снижения энергоемкости в ПЭС сводится к обоснованию оценки ее значения и к определению роли каждого элемента в превышении ее значения над установленным уровнем.

Таким образом, задача повышения эффективности использования энергии в ПЭС на начальном этапе является информационной, дающей ответ на вопрос: какую, в каких параметрах и как можно получить информацию об эффективности энергетических процессов в каждом из элементов ПЭС?

Один общий подход, позволяющий обойти отсутствие функции, описывающей изменение энергии по длине элемента, предложен в [2] - использовать отношение конечных (т.е. в начале и в конце элемента) энергетических параметров. Именно такое отношение, дублирующее оператор определения основного параметра эффективности - энергоемкость

продукции, положено в основу метода оценки эффективности энергетических процессов в элементах, названного методом конечных отношений (МКО).

Представление совокупности потребительского оборудования как системы с отчетливо выраженным показателем эффективности позволяет воспользоваться не только международным опытом управления качеством функционирования, но и использовать эффективные методы проектирования, объединяемые понятием инжиниринг качества. Становится очевидным вывод о том, что для подготовки специалистов по энергоэффективности (**в первую очередь, с глубокими знаниями по физике и высшей математике**) по отраслям народного хозяйства, необходимо предусматривать в образовательных программах значительное обновление содержания дисциплин, которое обеспечит необходимую инновационность знаний, а также необходимость реформирования системы обслуживания потребителей энергии.

Литература

1. Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш. Показатели энергетической эффективности действующих агроинженерных (технических) систем: монография. -СПб.: СПбГАУ, 2014. -160 с. ISBN978-5-85983-168-5.
2. Юлдашев З.Ш. Повышение энергоэффективности в технологиях мобильных автономных агрегатов (на примере дождевальных машин фронтального действия): дисс. ...д-ра техн. наук: 05.20.02 / Юлдашев Зарифджан Шарифович. – Санкт-Петербург, 2018. -433 с.
3. Варжапетян А.Г. Системность процессов создания и диагностики технических структур / А.Г. Варжапетян, В.В. Глущенко, П.В. Глущенко. -СПб.: Политехника, 2004. -186 с.
4. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев // Перевод с немецкого. -Лейпциг, Изд-во Тойбнео. -М.: Наука. -1981. -720 с.

ПРИРОДНАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ НА БЕРЕГАХ РЕК ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА

Абдушукуров Д.А.¹ Холмуродов Ф.¹, Стоцкий Д.Ф.,³ Бобозода С.Ф.², Набиева З.¹

¹Физико-технический институт им. С.У.Умарова НАНТ

²Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

³Республиканская лаборатория химических и радиометрических измерений КЧСуГО РТ
E-mail: abdush_dj@mail.ru

В течении ряда лет Физико-техническим институтом им. С.У.Умарова, Институтом водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ и Республиканской химико-радиометрической лабораторией Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан проводились совместные экспедиции, с целью изучения радиоактивности донных отложений рек Таджикистана [1-4].

Радиационный фон Республики складывается за счет космического, солнечного излучений и наличия радиационных эманаций и радионуклидов в атмосфере и земной коре. В среднем по Республике радиационный фон составляет от 0.1 до 0.2 мкЗв/ч.

Радиоактивные элементы U, Th и их продукты распада широко распространены в природе. Их присутствие обнаруживается во всех типах горных пород, водах и в атмосфере

Наибольшей радиоактивностью отличаются магматические изверженные породы. Максимально повышенное содержание их в гранитах: U – $(22-47) \cdot 10^{-6}$ г/г, Th – $60 \cdot 10^{-6}$ г/г.

Река Вахш: Были проведены исследования рек Сурхоб, Оби Хингоу, Ярхыч, Явансу, Вахш и их притоков. На указанных реках в 28 точках был измерен радиоактивный фон.

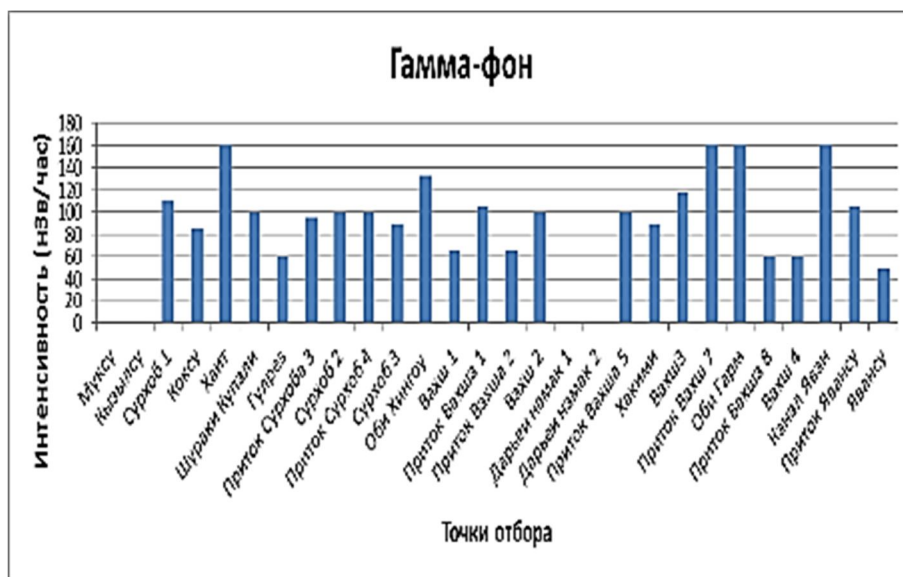


Рисунок 1 - Интенсивность гамма-излучения на реке Вахш

Были обнаружены ручьи с повышенным гамма фоном донных отложений. Эти ручьи расположены по правому борту рек Сурхоб и Вахш. Для правого борта рек Вахш и Сурхоб характерны массивы, местами с интрузивными гранитами с мелкими, но регулярными радиоактивными аномалиями и небольшими проявлениями урановой минерализации.

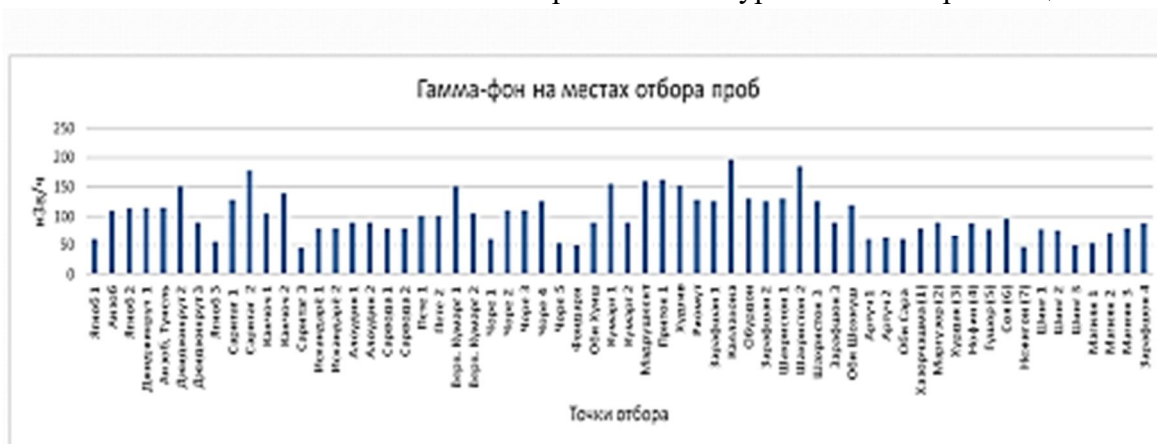


Рисунок 2 - Гамма-фон на берегах реки Зеравшан и ее притоках

В районе лечебного курорта Оби-Гарм имеется серия радиоактивных термальных источников, а вблизи поселка Хаит - многочисленные выходы щелочных пород, в том числе нефелиновые сиениты и карбонатиты, с высокой фоновой радиоактивностью из-за постоянного содержания специфических акцессорных минералов, содержащих редкие земли, уран и торий. РЗЭ широко распространены в соседних с юга регионах Раштской долины (Коксу, Ярхыч и др.).

Река Зерафшан: Основным объектом исследования стали бассейны самой реки Зерафшан и ее притоков. Были исследованы река Зерафшан от Мехрона (старая Матча) до государственной границы с Республикой Узбекистан, основные притоки реки: Ягноб, Искандаря, Фондаря, Артуч и Магиян. При проведении экспедиции было проведено 69 замеров гамм-фона в местах отбора проб.

Средний гамма-фон в бассейне Зеравшана (9,5 мкР/ч) гораздо ниже, чем на южных склонах Гиссарского хребта. Самый низкий фон наблюдается для известняков. Фон в 20 мкР/ч зафиксирован в 3 точках: Падрохин, Остонак и Вешоб. Скорее всего, в бассейнах этих рек находятся интрузии. Значения гамма-фона возрастает в верховьях Зеравшана (старая Матча) и связано с наличием интрузий содержащих повышенные концентрации редкоземельных элементов (РЗЭ), урана и тория.

Интересная картина наблюдалась в ручье Оби Хуиш, в ущелье Кумарг. На поверхности скал наблюдались следы выхода воды и солей. Измерение гамма-фона показало, что в местах выхода солей резко увеличивается активность. Очевидно, это связано с выщелачиванием урана и выхода урановых солей. Выход солей урана также был обнаружен на противоположной стороне реки. В ходе исследований также наблюдался выход солей урана в штольнях вдоль реки Чоре.



Рисунок 3 - Показания дозиметра 215 nSv/час на месте выхода урановых солей.

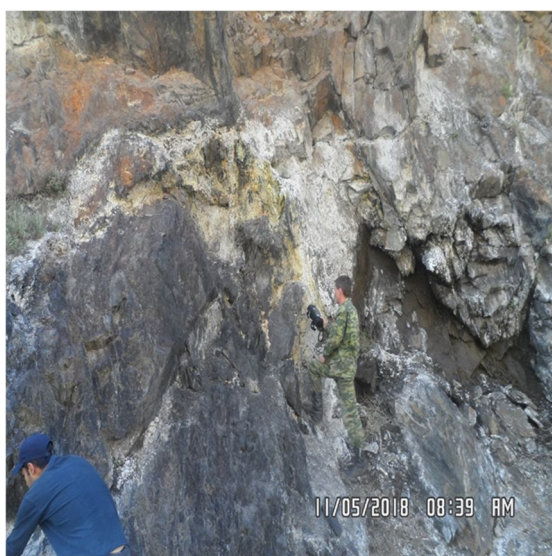


Рисунок 4 - Выход урановых солей на поверхность скал, а районе ручья Оби Хуиш.

Бассейн реки Варзоб в геологическом отношении относится к Южногиссарской структурно-формационной зоне Центрального Таджикистана (Южный Тянь-Шань).

Проходящий поперек бассейна Ходжа-Оби Гармский разлом, делит район на две подзоны, отличающиеся в геохимическом отношении.

В верховьях ручья Оджук, впадающего в Варзоб, имеется крупное (27.5 км) пегматитовое поле с одноименным названием. Минералы Оджукского поля характеризуются повышенным содержанием урана и тория в составе редкоземельных аксессуарных минералов типа самарскита, гадолинита и т.п. Смыв таких разрушенных минералов приводит к загрязнению воды и донных отложений реки Варзоб.

В донных отложениях Ходжа Оби Гарм был обнаружен стронций. Уран выносятся притоком Оджук. Наибольшая концентрация урана встречается в ручье Оджук. Притоки Оджук, Такоб и Оби Чаппа берут свое начало с пегматитового пятна.



Рисунок 5 - Концентрация урана в донных отложениях рек

В притоках Оджук и Такоб наблюдается нарушение торий уранового равновесия, что свидетельствует о том, что в Оджукском пегматитовом пятне более развита ториевая минерализация.



Рисунок 6 - Концентрация тория в донных отложениях рек



Рисунок 7 - Торий- урановое отношение для донных отложений

Ущелье реки Сиома считается одним из чистейших мест на земле. Ручей протекает среди гранитных скал, непосредственно перед устьем из-за быстрого течения и гранитного ложа содержит малое количество донных отложений. Как и следовало ожидать, для гранитных скал наблюдается повышенное содержание тория и урана.

Элементный состав ручья Оджук сильно влияет на состав донных отложений Варзоб в его среднем и нижнем течении. Особенно это сказывается на концентрации урана. Ниже Ходжи Оби Гармского геологического разлома наблюдается повышение концентрации тория и урана в образцах донных отложений. Среднее содержание урана и тория в гранитах североварзобского комплекса 3.7 и 18 мкг/г, а в южноварзобских гранитах оно несколько выше - 6.5 и 27 мкг/г соответственно.

Литература

1. D. Abdusamadzoda, D.A. Abdushukurov, I. Zinicovscai, O.G. Dului, K.N. Vergel. «Assessment of the ecological and geochemical conditions in surface sediments of the Varzob river, Tajikistan», *Microchemical Journal*, 158 (2020), 105173
2. D. Abdusamadzoda, D.A. Abdushukurov, O.G. Dului and I. Zinicovscaia, «Assessment of the Toxic Metals Pollution of Soil and Sediment in Zarafshon Valley, Northwest Tajikistan (Part II)», *Toxics*, 2020, 8, 113; doi:10.3390/toxics8040113
3. D. A. Abdushukurov, D. Abdusamadzoda, A. A. Djuraev, O. G. Dului, M. V. Frontasyeva, “Distribution of radioactive isotopes in the mountain and piedmont regions of Central Tajikistan Varzob river valley”, *J Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 318, #3, pp. 1873-1879 (2018). (impact factor 1.186). <https://doi.org/10.1007/s10967-018-6206-5>
4. D. A. Abdushukurov, D. Abdusamadzoda, A. A. Djuraev, O. G. Dului, M. V. Frontasyeva, “Distribution of radioactive isotopes in the mountain and piedmont regions of Central Tajikistan Varzob river valley”, *J Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 318, #3, pp. 1873-1879 (2018). (impact factor 1.186). <https://doi.org/10.1007/s10967-018-6206-5>

ВОРИДШАВИИ ЧАНГУ ҶУБОР ДАР ТАЪРИХИ РЎЗИ

16 – 20.07.2023 БА Ш. ДУШАНБЕ

¹С.Р.Шарипов, ¹С.Ф.Абдуллаев, ¹А.М. Ҷураев, ²Ш.Б. Ятимова

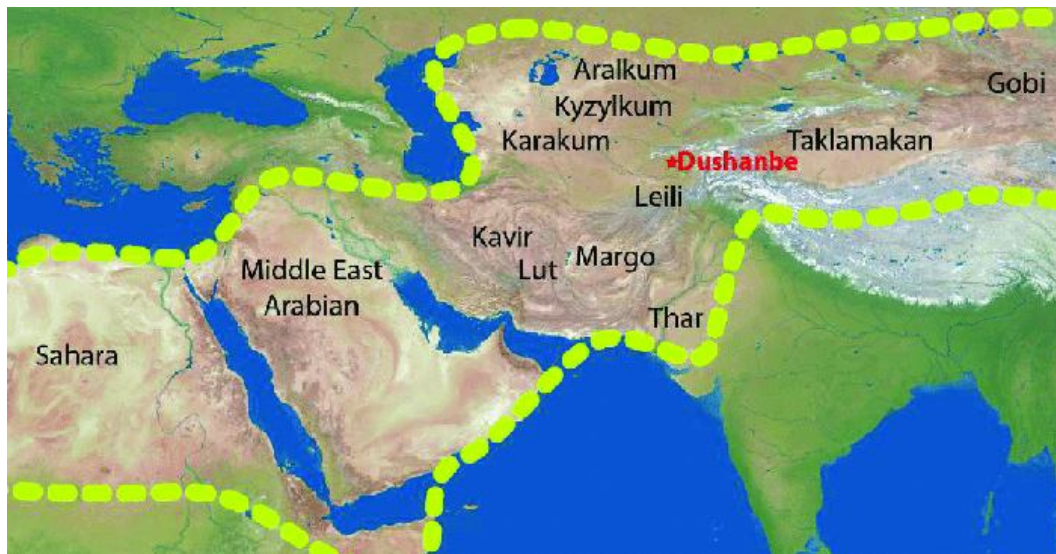
¹Институтуи физикаю техникаи баноми Султон. У. Умарови АМИТ

²Коллеҷи педагогии ба номи Хосият Махсумова

E-mail: safarali.r.sharipov@mail.ru

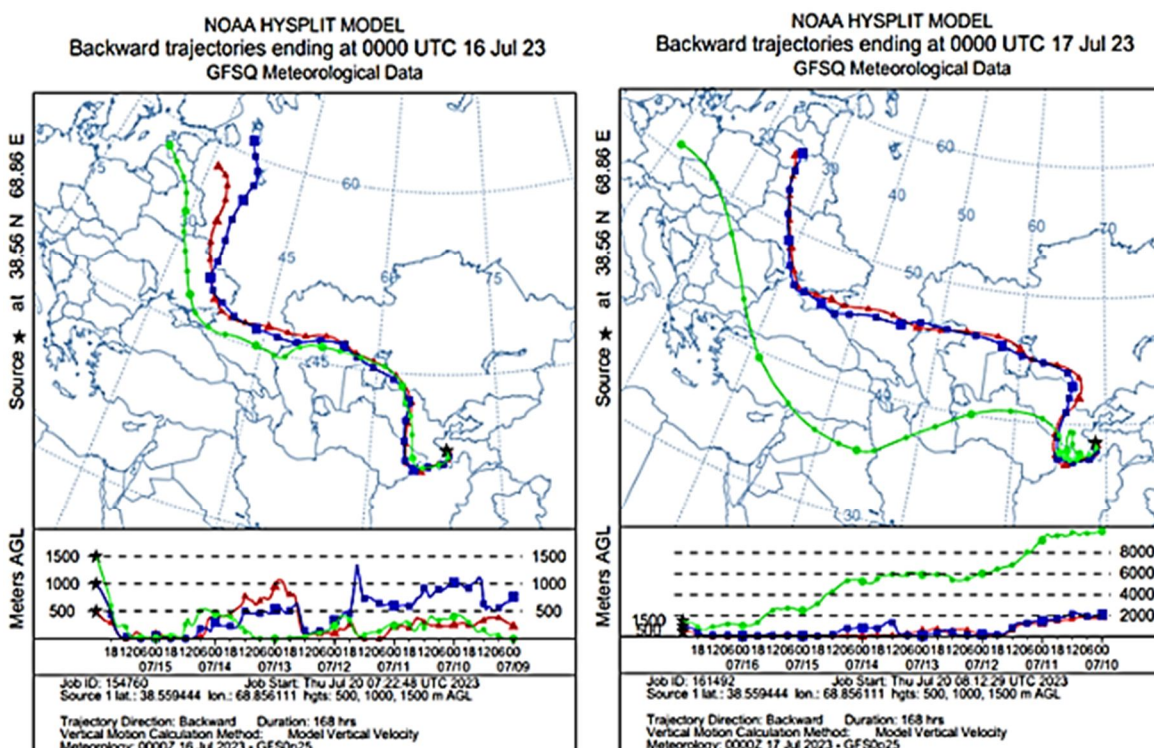
Тоҷикистон дар камарбанди ҷаҳонии чангу ғубор дар роҳи интиқоли чангнӯ ғубор аз баъзе манбаҳои асосии чангу ғубор, аз қабилу биёбони Аралқуми баҳри хушки Арал, биёбонҳои Қизилқум ва Қароқум дар шарқи баҳри Каспий, биёбонҳои Кавир ва Дашти Лут

дар Эрон, биёбонҳои Афғонистон, Саҳара ва биёбони Такламакан [1-5] (Расми 1) ҷойгир шудааст. Аз ин рӯ, Тоҷикистон ҳар сол (аз апрел то моҳи ноябр) зуд-зуд ба ҳаводиси шадидаи ҷангу ғубор дучор мешавад ва як коллектори тозакунондаи ҷанг мебошад.



Расми 1 - Харитаи ҷуғрофӣ бо минтақаҳои биёбонӣ (матни сиеҳ), камарбанди хок (хати нуқтаи сабзи дурахшон), макони ҷанкунии равшан дар Душанбе, Тоҷикистон (матни сурх) (<http://naturalearth.springercarto.com>, мутобиқ карда шудааст).

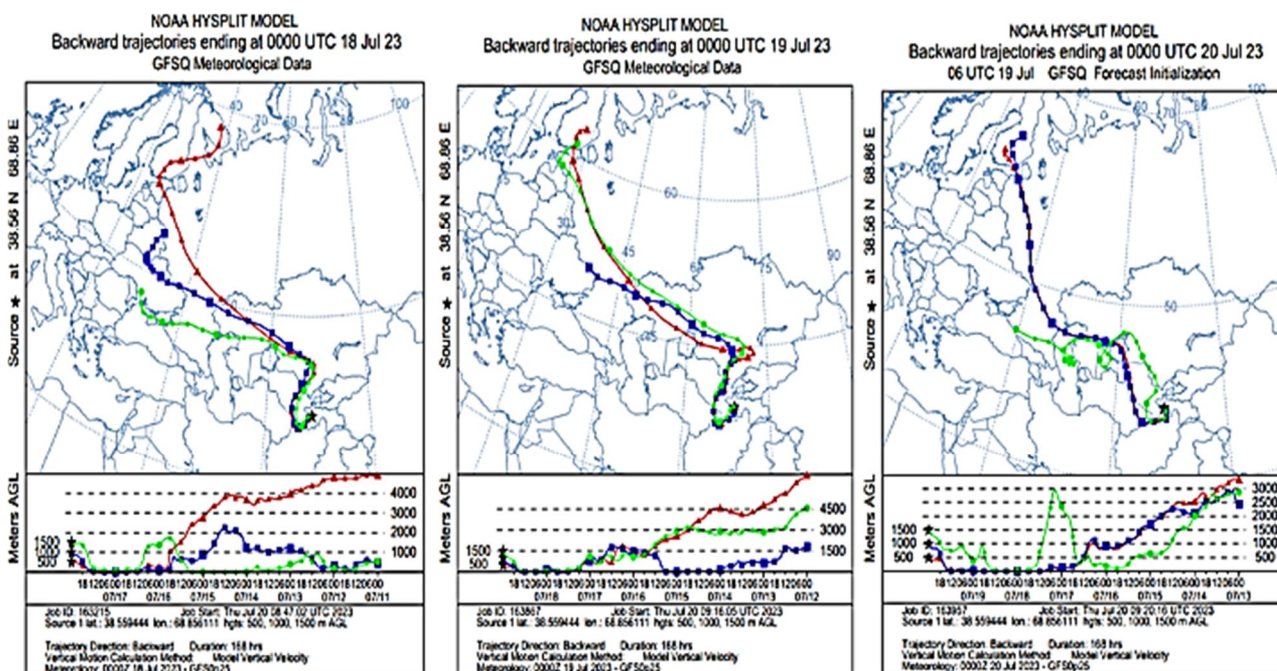
Тӯфони ҷангу ғубор ба Тоҷикистон асосан аз ҷануби кишвар (деҳаи Айвадҷ) ворид мешавад, дар сурате ки ҳамла ба дараи танги ҷануби ҷумҳурӣ, ки дар он кӯҳҳои паст (баландии 1100 м) ҷойгир шудаанд, таъсири аэродинамикӣ ба вучуд меояд, суръати ҳамла баъзан то ба 25-30 м/сония расида, то Душанbero фаро мегирад. Азбаски шаҳри Душанbero аз ҳар тараф кӯҳҳо фаро гирифтаанд, тумани ҷангу ғубор метавонад муддати тӯлонӣ вучуд дошта бошад [6].



Расми 2 - Масири баръаксии ҷангу ғубор барои Душанбе дар таърихи рӯзиҳои 16 – 17.07.2023.

Шаҳри Душанбе дар баландии миёнаи 821 метр аз сатҳи баҳр, дар водии байникуҳҳои Ҳисор воқеъ буда, аз шимол каторкуҳҳои Ҳисор ва аз ҷануб бо қуҳҳои пасти Рангон ихота шудааст. Водихо танҳо аз тарафи ғарб ва шарқ бо агбаҳои танги байниқӯҳӣ қушода аст. Чудошавии орографии водӣ ба афзоиши гардиши ҳаво мусоидат мекунад, ки дар натиҷа дар ин ҷо ҳавои ором ҳукмфармоست ва мутаносибан моддаҳои ифлоскунанда дар фазои шаҳр мудати тулонӣ мемонад [1–4].

Натиҷа ва муҳокима. Барои муаян кардани масири баръаксии ифлосшавӣ маълумот аз HYSPLIT (Hybrid Single Particles Lagrangian Integrated Trajectory model), лабораторияи захираҳои атмосферӣ NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration,) [URL: [http:// ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php](http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php)] гирифта шуд.



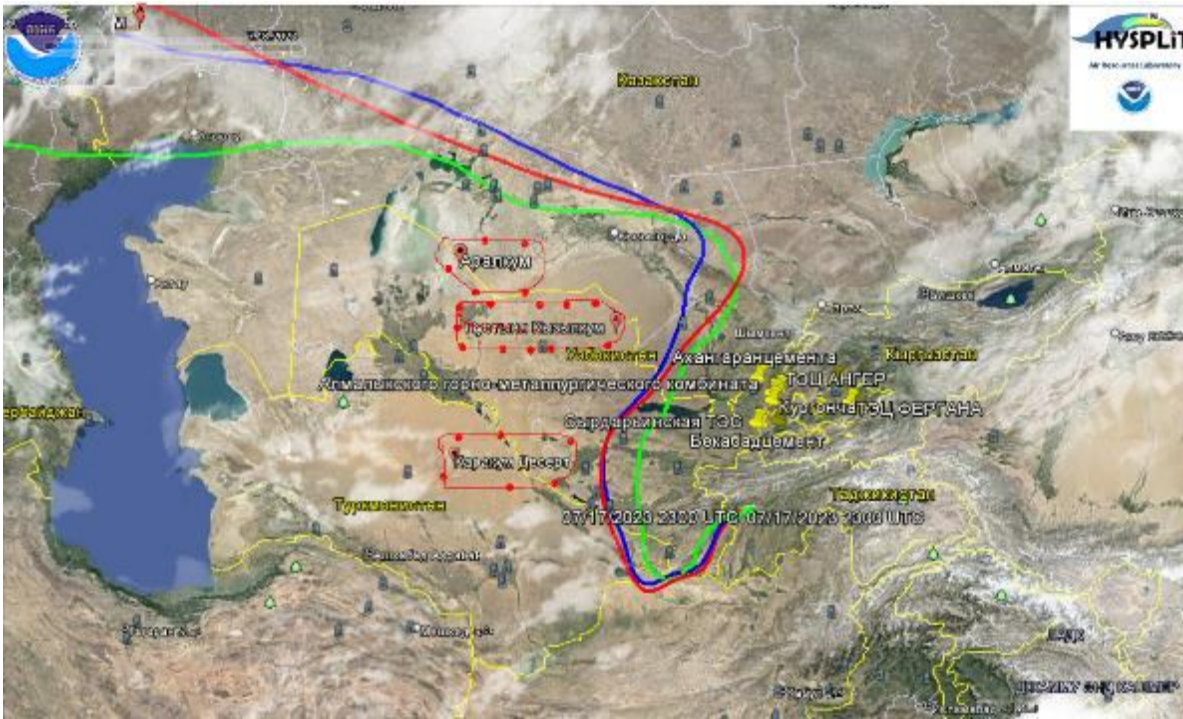
Расми 3 - Масири баръаксии ҷангу ғубор барои Душанбе дар таърихи рӯзҳои 18 – 20 .07.2023.

Аз руи маълумотҳои ба даст омадаи таҳқиқотҳо, аз таърихи рӯзҳои аз 16 то 20 - уми июли соли 2023 гузаронида шуд (расми 2,3), масири туфонҳои ҷангӣ, барои баландҳои: **500м, 1000 м** ва **1500м** – аз боломи биёбони Аралқуми баҳри хушки Арал, биёбонҳои Қизилқум ва Қароқум дар шарқи баҳри Каспий мегузарад;

Масири баръаксии ҷангу ғубор ба таври возеътар дар расмҳои 4 (а,б) ва 5 инъикос ёфтааст.



Расми 4 - Масири баръаксии ҷангу ғубор барои Душанбе дар таърихи рӯзҳои 16 – 18 .07.2023.



Расми 5 - Масири баръаксии ҷангу ғубор барои Душанбе дар таърихи рӯзиҳои 19 – 20.07.2023.

Чигунае, ки дар маводи қабли ёдрас карда будем, манбаҳои асосии туфонҳои ҷангу ғубор навобаста аз он, ки аз қучо сарчашма мегирад, ҳамон нуқтаҳое, ба ҳисоб меравад, ки дар он масир паст фаромадааст (яъне ба Замин яқсон шудааст) ва ин нуқтаҳо бештар ба минтақаҳои биёбонӣ рост меояд (нигаред ба расми 2-3).

Туфонҳои ҷангӣ навобаста аз қучо сарчашма мегирад, дарвозаи асосии воридшавияш ба Тоҷикистон тавассути Афғонистон мебошад (нигаред ба расми 2-5). Барои ҳамин ин туфонҳои ҷангу ғубор дар байни мардуми мо бо номи "бодҳои афғонӣ" маъруф аст.

Адабиёт

1. Sabur.F.Abdullaev, Irina.N.Sokolik. Main Characteristics of Dust Storms and Their Radiative Impacts: With a Focus on Tajikistan/Sabur.F.A., Irina.N.Sokolik//Journal of Atmos. Science Res.Volume 02. Issue 02. April 2019
2. Makhmadaliev, B.; Novikov, V. The First National Communication of the Republic of Tajikistan to the United Nations Framework Convention on Climate Change; Dushanbe, Tajikistan, 2002.
3. Makhmadaliev, B.; Kayumov, A.; Novikov, V.; Mustaeva, N.; Rajabov, I. The second national communication of the Republic of Tajikistan under the United Nations framework convention on climate change; Dushanbe, 2008.
4. Kayumov, A.; Novikov, V. Third National Communication of the Republic of Tajikistan under the United Nations Framework Convention on Climate Change. 2014.
5. Hofer, J.; Althausen, D.; Abdullaev, S.F.; Makhmudov, A.N.; Nazarov, B.I.; Schettler, G.; Engelmann, R.; Baars, H.; Fomba, K.W.; Müller, K. Long term profiling of mineral dust and pollution aerosol with multiwavelength polarization Raman lidar at the Central Asian site of Dushanbe, Tajikistan: case studies. Atmospheric Chemistry and Physics 2017, 17, 14559.
6. Nazarov, B.I.; Abdullaev, S.F.; Maslov, V.A. Dynamic processes during dust incursions in Central Asia Irfon: Dushanbe, 2016.

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ТЕРРИТОРИЙ ЛЕДНИКОВ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА

Ш. Ш. Шодиев

*Худжандский политехнический институт Технического университета
Таджикистана имени академика М. С. Осими, г. Худжанд, Таджикистан*

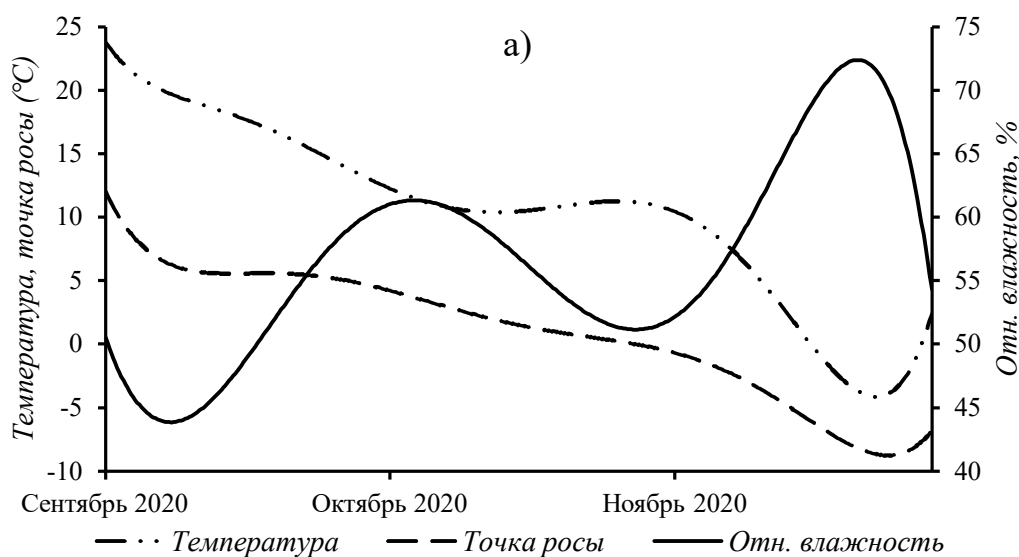
E-mail: ibragimshodiev333@gmail.com

Водяной пар является, вторым по влиянию в парниковый эффект после углекислого газа, парниковым газом. Его влияние объясняется тем, что при поглощении излучения, испущенного землей, они нагреваются и тем самым создают вклад в повышение средней температуры окружающей среды [5]. Об исследовании водяного пара в атмосферном воздухе, параметрах, характеризующих содержание водяных паров в атмосферном воздухе, факторах и влиянии содержания водяных паров в атмосфере совершенно много работ [2,1]. Эти параметры хорошо иллюстрируют природу текущего состояния водяных паров в атмосфере.

Изучение метеорологических параметров атмосферного воздуха проводилось осенью 2020, 2021 и 2022 гг. относительно ледника Бобооб, находящегося на северной части Аштского района Согдийской области с географическими координатами 40°52' с.ш. и 70°20' в.д.

Для получения информации о каждом параметрах, характеризующих атмосферу, использованы ресурсы сайта www.windy.com, представляющий текущие значения физических величин в разных единицах.

Температура воздуха (T), точка росы (T_r) и относительная влажность (f) – важнейший параметр окружающего нас воздуха. Наблюдения за температурой, точкой росы и относительной влажности атмосферного воздуха в этом районе дадут графики (рис. 1), в которых можно наблюдать такое изменение этих параметров, которые зависят друг от друга.



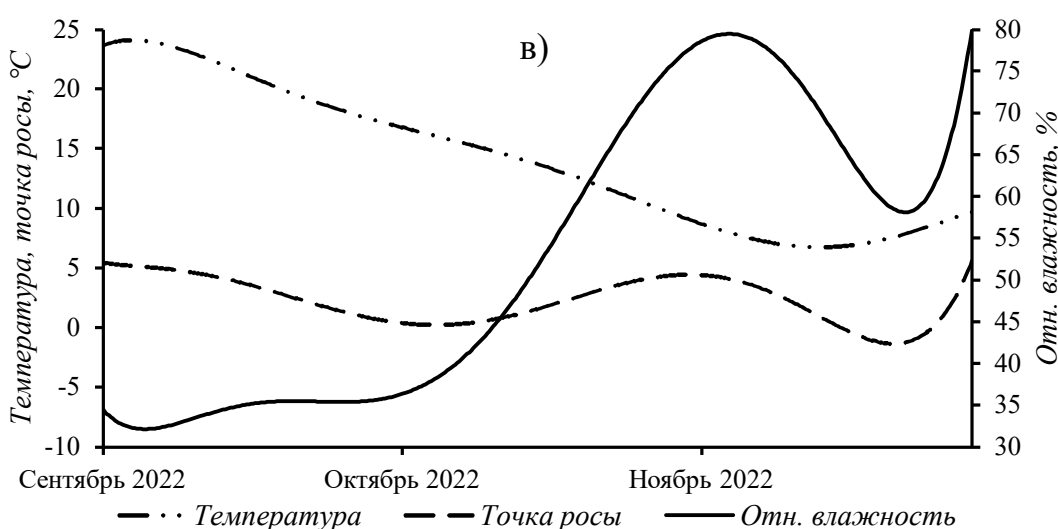
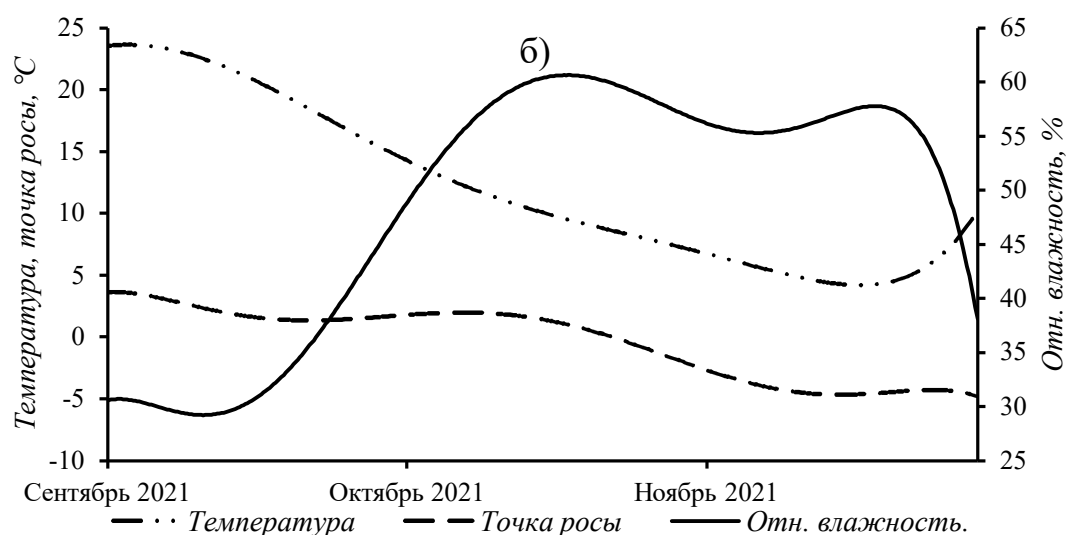


Рисунок 1 - Изменение температуры, точки росы и относительной влажности за осень: а) осень 2020 года, б) осень 2021 года, в) осень 2022 года

Сплошной линией на графиках показано изменение относительной влажности, значения которых расставлены в правой вертикальной оси и измерены в %, пунктирными линиями изменение точки росы, значения которых расставлены в левой вертикальной оси и измерены в °С, линиями, состоящими из тире и точек показано изменение температуры, которая подобной точке росы измерена в °С и её значения расставлены по левой вертикальной оси.

Из этих графиков можно сделать такой вывод, что точка росы есть функция температуры и относительной влажности. Повышение и понижение значений точки росы соответствуют таким изменениям температуры, когда относительная влажность заметно не изменяется. Относительная влажность своим повышением и понижением способствует повышению или понижению точки росы независимо от того, как меняется температура.

Из характера изменения этих параметров на графике видно, что температура и относительная влажность друг от друга не зависят, но они оба влияют на изменение точки росы, или по другому можно утверждать, что “они связаны посредством точки росы”.

В литературе [3] дается взаимосвязь таких параметров влажности, как температура, точка росы и относительная влажность. Там выводится формула для определения значения в градусах Цельсия точки росы, зависящее от парциального давления водяного пара. В

литературе [4] парциальное давление водяных паров e , выраженное в гПа выражается такой формулой:

$$e = 6,1070 \cdot 10^{\frac{7,665T}{243,33+T}} \frac{f}{100}, \quad (1)$$

где T – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), f – относительная влажность воздуха (%).

Точка росы T_r , измеряемая $^{\circ}\text{C}$ в [4] выражается формулой:

$$T_r = \frac{243,33 \cdot \lg\left(\frac{e}{6,1070}\right)}{7,665 - \lg\left(\frac{e}{6,1070}\right)}. \quad (2)$$

При вычислении точки росы по этой формуле абсолютная погрешность среднего значения точки росы за осень 2022 года составляет $0,1^{\circ}\text{C}$ (среднее значение точки росы по опытным данным равно $2,3^{\circ}\text{C}$, а по формуле – $2,4^{\circ}\text{C}$).

Статистические характеристики по основным параметрам (температуры, точки росы и относительной влажности) об атмосферной влажности дадут очевидные изменения в средних значениях этих параметров.

Таблица 1. Средние значения параметров влажности атмосферного воздуха над ледником Бобоиоб

Местное время	T , $^{\circ}\text{C}$	f , %	T_r , $^{\circ}\text{C}$
осень 2020	10,48	56,63	1,01
осень 2021	12,21	48,62	-0,33
осень 2022	14,23	52,29	2,32

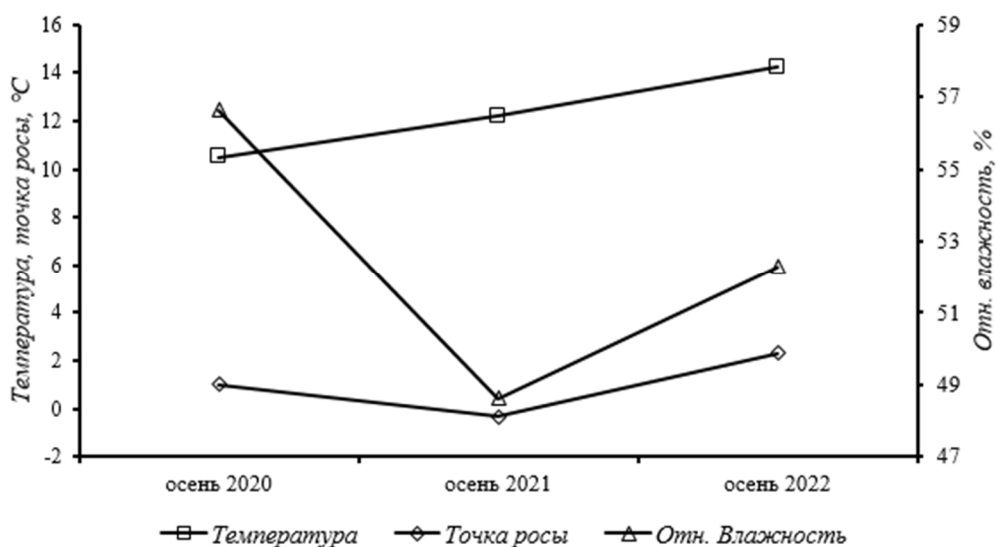


Рисунок 1 - Вариация средних значений температуры, точки росы и относительной влажности за три осени

Рисунок 2 представляет динамику средних значений температуры, точки росы и относительной влажности за три осени. Все единицы измерения соответствуют единицам измерения на графиках в рис. 1. Из этих графиков видно, что точка росы зависит прямой пропорциональностью от температуры и обратной пропорциональностью от относительной влажности.

Литература

1. David R. Brooks. Monitoring Solar Radiation and Its Transmission Through the Atmosphere / Drexel University, Philadelphia, PA, USA / V 2.0, August, 2006
2. Reitan, C. H., Surface Dew Point and Water Vapor Aloft, J. Applied Meteorology, 2, 776-779, 1963.
3. Мамонтов Н. В. Статистические характеристики относительной влажности воздуха в различные часы суток на территории СССР. – М.: Изд. ВНИИГМИ – МЦД, 1982.

4. Седунов Ю.С. Атмосфера: справочник (справочные данные, модели) / Ю.С. Седунов и др. – Ленинград: Гидрометеониздат, 1991. – 510 с.
5. Шодиев Ш.Ш. Мониторинг изменения концентрации водяного пара в атмосфере Таджикистана / Ш.Ш. Шодиев, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, М.Н. Рахматов // Учёные записки: серия естественные и экономические науки. – 2021. – №1(56). – с. 157-162.

ТАҲҚИҚОТИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИНИ Ni, Co, Cu, Zn ДАР ТАРКИБИ ГИЁҲҲОИ ШИФОБАХШ

М.Ҷ. Шомаҳмадов¹, Х.И.Қодирова¹, С.Ф.Абдуллаев²

¹Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав

²Институту физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ

E-mail: sheroz911@mail.ru

Афзоиши доимии аҳоли ва рушди босуръати истеҳсолот вазъи муҳити зистро дар бисёр кишварҳо ва минтақаҳои ҷаҳон дар охири асри XX ба бӯҳрони экологӣ овардааст. Дар байни ин омилҳо металлҳои вазнин барои ифлосшавии муҳити зист дар ҷои намоён меистанд. Металлҳои вазнинро имрузҳо дар ҷаҳон бо ягон қоидаи махсус тафсир накардаанд, танҳо аз массаи нисбии атоми элемент ё ин ки аз зичии он шарҳ медиҳанд. Металлҳои вазнин гуфта металлҳоеро меноманд, ки зичии онҳо аз (4.5 г/см³) зиёд бошад. Металлҳои вазнин (МВ) асосан элементҳои химиявии пароканда мебошанд, аз ин рӯ, сатҳи замин, қабати хок ва гидросфера, инчунин атмосфера ба ифлосшавӣ дучор мешаванд [1-8]. Ибораи «металлҳои вазнин» аксар вақт аз нуқтаи назари экологӣ баррасӣ мешавад. Дар замони ҳозира хосиятҳои физикӣ ва химиявии он ва инчунин хосиятҳои биологии он ба назар гирифта мешавад. Баъзе металлҳои вазнин микроэлементи биологие мебошанд, ки дар организми инсон дар концентратсияҳои паст вучуд доранд. Миқдори муайяни металлҳо, ки доимо дар организми инсон мавҷуданд, ба ҷараёни равандҳои мубодилаи моддаҳо ва ба як қатор функсияҳои физиологӣ таъсири муайян мерасонанд.

Мақсади мақола омӯзиши металлҳои вазнин дар таркиби узвҳои растании шифобахши ширинбия, пудина, кокутӣ ва шибит ки дар водии Вахшу Ҳисор мерӯяд, иборат аст. Дар бораи хусусиятҳои шифобахшии ин гиёҳҳо адабиёти зиёд таълиф шудаанд [9-12].

Усули ченкунӣ ва натиҷаҳои таҳҳис: Растании шифобахши ширинбия, пудина аз минтақаи ҷануби мамлакат (водии Вахш) дар мавқеи географии 37,89⁰ а.ш ва 68,75⁰ т.ш. ва баландии 428- 423 м аз сатҳи баҳр дар санаи 19.09.2021 ҷамъоварӣ карда шуд, ва растании шифобахши кокутӣ, шибит аз минтақаи (водии Ҳисор) дар мавқеи географии 38,19⁰ а.ш ва 68,56⁰ т.ш. ва баландии 1119- 1127 м аз сатҳи баҳр дар санаи 21.09.2021 ҷамъоварӣ карда шудааст. Барои муайян кардани металлҳои вазнин (Ni, Co, Cu ва Zn) дар узвҳои гуногуни растанҳо аз «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» (истеҳсоли Ширкати СПЕКТРОН, Россия), ки бо методи рентгенофлуоретсенсӣ кор мекунад, истифода бурда шудааст [13-15].

Ҳангоми таҳҳис маълум карда шуд, ки дар таркиби гиёҳҳои шифобахш (ширинбия, пудина, кокути, шибит) чунин металлҳо (Ni, Co, Cu, Zn) вучуд доранд. Натиҷаҳои таҳҳиси миқдори МВ дар растании шифобахши ширинбия, пудина, кокути ва шибит дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

Аз ҷадвали як бар меояд, ки дар таркиби решаи пудина элементҳои никел вучуд надорад. Концентратсияи зиёди металлҳои вазнини **Zn** дар қисмҳои растанҳои шифобахш

нисбат ба дигар металлҳо (**Ni, Co, Cu**) зиёд аст. Ҳангоми тадқиқотҳо маълум карда шуд, ки концентратсияи зиёди метали **Ni** дар пояи шибит 41,12 концентратсияи камтарин дар пояи ширинбуйя 5,77 дида мешавад. Концентратсияи зиёди метали **Co** барои пойяи кокутӣ **34,71** ва концентратсияи паст барои решаи кокутӣ ба **1,33** мушоҳида шуд.

Концентратсияи зиёдтарини метали **Cu** дар барги гиёҳи шифобахши кокутӣ 46,45 ва концентратсияи камтарини барои решаи пудина 41,92 таҳқиқ карда шуд. Элементи руҳ дар растании шифобахши кокутӣ 129,76 дар барги пудина 90,34 дар пояи шибит 82,15 ва дар пояи ширинбуя 84,07 концентратсияи зиёди руҳ тадқиқ карда шуд. Аз чадвали як бар меояд, ки концентратсияи ин металлҳо аз ҳудуди ҷои кам мебошад.

Ҷадвал 1 - Қимати концентратсияи МВ дар таркиби гиёҳи шифобахши ширинбия, пудина кокутӣ ва шибит.

т/р	Номгуи гиёҳ			Ni	Co	Cu	Zn
1	ШИРИНБИЯ	хок	мг/кг	25,8	3,32	45,7	53,4
		реша	мг/кг	21,07	13,34	44,62	58,93
		поя	мг/кг	5,77	11,96	44,75	84,07
		барг	мг/кг	16,42	9,3	45,31	73,5
2	ПУДИНА	хок	мг/кг	27,85	9,83	45,4	48,89
		реша	мг/кг	10,16	13,44	41,92	74,96
		поя	мг/кг	0,00	8,52	44,35	62,6
		барг	мг/кг	7,52	7,71	44,1	90,34
3	КОКУТӢ	хок	мг/кг	38,35	1,61	45,58	65,24
		реша	мг/кг	35,21	1,33	45,51	71,21
		поя	мг/кг	31,76	34,71	41,02	129,76
		барг	мг/кг	26,28	12,98	46,45	76,21
4	ШИБИТ	хок	мг/кг	36,56	6,43	45,1	63,75
		реша	мг/кг	35,55	22,66	44,22	73,24
		поя	мг/кг	41,12	7,62	43,13	82,15
		барг	мг/кг	24,51	11,12	45,00	64,94
КМИ				100	25	55	100
КЛАРК				40	8	20	50

Барои тавсифи хусусиятҳои ҷамъшавии МВ дар растанӣ коэффитсиенти таъхир, коэффитсиенти ҷамъшавӣ ва коэффитсиенти интензивнокӣ ҳисоб карда шудааст.

Коэффитсиенти таъхири (КЗ) металлҳои вазнин дар реша ва қисми болоии растанӣ (аз хок берун) ҳосиятҳои гузаронандагии МВ-ро дар решаи растанӣ шарҳ медиҳад [8].

$$K3 = C(\text{Э})_{\text{реша}} / C(\text{Э})_{\text{бута ва барг}}$$

Дар ин ҷо КЗ – коэффитсиенти таъхир; $C(\text{Э})_{\text{реша}}$ – концентратсияи МВ дар реша; $C(\text{Э})_{\text{бута ва барг}}$ концентратсияи МВ дар барг ва пояи растанӣ.

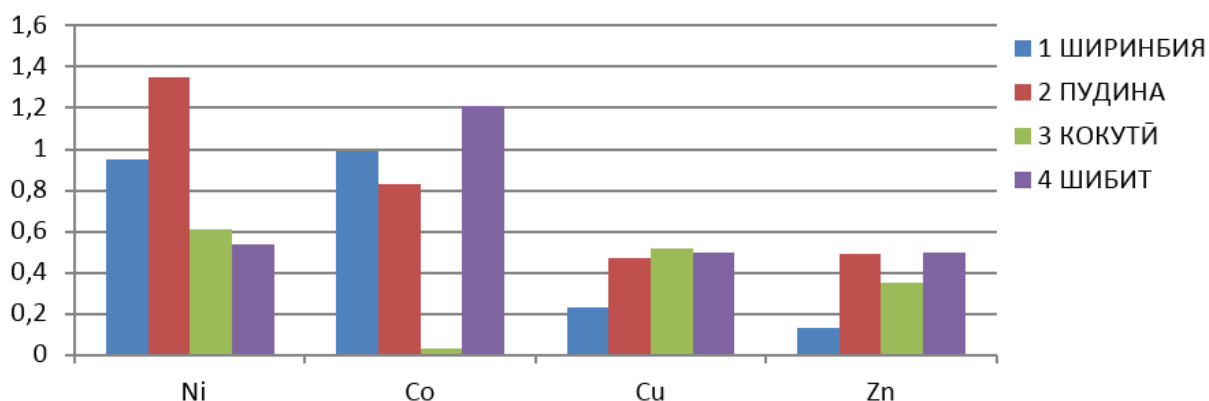
Гузариши МВ дар массаи хушки растанӣ аз хоки минтақа вобастагӣ дорад [8].

Коэффитсиенти ҷамъшавии (КН) металлҳо дар растанӣ:

$$KN = C(\text{Э})_{\text{растанӣ}} / C(\text{Э})_{\text{хок}}$$

Дар ин ҷо: КН – коэффитсиенти ҷамъшавӣ; $C(\text{Э})_{\text{растанӣ}}$ – концентратсияи МВ дар массаи хушки растанӣ; $C(\text{Э})_{\text{хок}}$ – концентратсияи МВ дар хок.

Натиҷаи ҳисобҳо барои коэффитсиентҳои таъхир КЗ ва коэффитсиенти ҷамъшавӣ КН дар диаграммаи 1 ва 2 барои гиёҳҳо оварда шудааст.



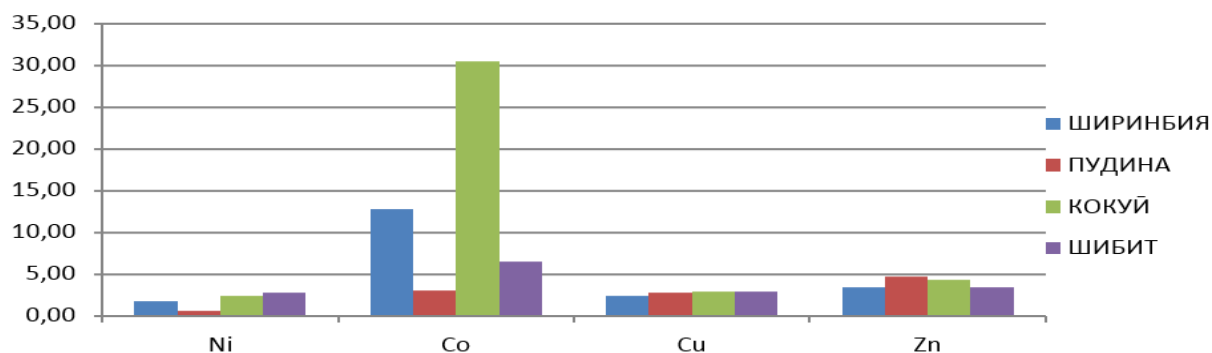
Диаграммаи 1 - Коэффитсиенти таъхир (КЗ) барои гиёҳҳои шифобахш

Аз диаграммаи як дида мешавад, ки коэффитсиенти таъхир (КЗ) барои металлҳои вазнин (Ni, Co, Cu, Zn) аз 0,3 то 1,35 қимат мегирад, яъне ин унсурҳо дар решаи гиёҳ нисбат ба қисми болои растанӣ зиёдтаранд.

Коэффитсиенти таъхир барои металлҳои дохили гиёҳи шифобахши ширинбия 0,13 то 0,99 ва коэффитсиенти зиёдтарини таъхир барои метали кобальт 0,99 рост омадааст.

Коэффитсиенти таъхир барои металлҳои вазнин барои гиёҳи шифобахши пудина аз 0,47-1,35 рост омада ва коэффитсиенти зиёд барои элементи никел 1,35 таҳқиқ карда шуд.

Ҳангоми таҳқиқотҳо муайян карда шуд, ки коэффитсиенти таъхир барои металлҳои вазнин дар растании шифобахши кокутӣ аз 0,35-0,61 муайян карда шуд. Коэффитсиенти таъхир барои гиёҳи шифобахши шибит аз диаграммаи як муайян карда 0,5-1,21 шуд.



Диаграммаи 2 - Коэффитсиенти ҷамъшавӣ (КН) барои гиёҳҳои шифобахш

Аз диаграммаи 2 бар меояд, ки коэффитсиенти ҷамъшавӣ (КН) максимали дар кокутӣ барои Co 30.45, рост омад. Коэффитсиенти минимали барои элементи Ni 0.63 дар растании шифобахши пудина таҳқиқ карда шуд.

Барои гузариши МВ дар узвҳои растании ширинбия, пудина, кокутӣ ва шибит коэффитсиентҳои шиддатнокӣ (интенсивнокӣ) истифода шуд [8]. Коэффитсиенти шиддатнокӣ барои МВ дар хок ва решаи растанӣ ҳисоб карда шуд:

$$I_{\text{хок-реша}} = C(\text{Э})_{\text{реша}} / C(\text{Э})_{\text{хок}}$$

дар ин ҷо: $I_{\text{хок-реша}}$ – шиддатнокии гузариши МВ аз хок ба решаи растанӣ, $C(\text{Э})_{\text{реша}}$ ва $C(\text{Э})_{\text{хок}}$ – мувофиқан консентратсияи МВ дар реша ва хоки минтақае, ки ширинбия ва пудина мерӯяд.

Коэффитсиенти шиддатнокии (интенсивнокӣ)-и гузариши МВ аз реша ба поя:

$$I_{\text{реша-поя}} = C(\text{Э})_{\text{поя}} / C(\text{Э})_{\text{реша}}$$

дар ин чо: $I_{\text{реша-помя}}$ – шиддатнокии гузариши МВ аз реша ба помя ширинбия ва пудина; $C(\text{Э})_{\text{помя}}$ ва $C(\text{Э})_{\text{реша}}$ – мувофиќан концентратсияи МВ дар помя ва решаи растани ширинбия ва пудина.

Коэффитсиенти шиддатнокии (интенсивнокї)-и гузариши МВ аз помя ба барг:

$$I_{\text{помя-барг}} = C(\text{Э})_{\text{барг}} / C(\text{Э})_{\text{помя}}$$

дар ин чо: $I_{\text{помя-барг}}$ – коэффитсиенти шиддатнокии (интенсивнокї)-и гузариши МВ аз помя ба барги ширинбия ва пудина, $C(\text{Э})_{\text{барг}}$ ва $C(\text{Э})_{\text{помя}}$ – мувофиќан концентратсияи МВ дар барг ва помяи растани. Натиљаҳои ҳисоб дар ҷадвали 2 барои коэффитсиенти шиддатнокии МВ дар растаниҳои шифобахш ҳисоб карда шудааст.

Коэффитсиенти шиддатнокии (интенсивнокї)-и гузариши МВ дар ширинбия, пудина, кокутї ва шибит												
ширинбия			пудина				кокутї			шибит		
ТМ	$I_{\text{хок-реша}}$	$I_{\text{реша-помя}}$	$I_{\text{помя-барг}}$	$I_{\text{хок-реша}}$	$I_{\text{реша-помя}}$	$I_{\text{помя-барг}}$	$I_{\text{хок-реша}}$	$I_{\text{реша-помя}}$	$I_{\text{помя-барг}}$	$I_{\text{хок-реша}}$	$I_{\text{реша-помя}}$	$I_{\text{помя-барг}}$
Ni	0,82	0,27	2,85	0,36	0,00	0,00	0,92	0,90	0,89	0,97	0,86	1,68
Co	4,02	0,90	0,78	1,37	0,63	0,90	0,00	25,98	0,37	4,53	2,97	0,69
Cu	0,98	1,00	1,01	0,92	1,06	0,99	1,00	0,90	1,13	0,97	1,03	0,96
Zn	1,10	1,43	0,87	1,53	0,84	1,44	1,09	1,82	0,59	1,15	0,89	1,26

Аз ҷадвали 2 бар меояд, ки гузариши пуршидати метали вазнини Co 25,98 дар узви растани кокутї аз хок ба решаи он таҳқиқ карда шуд. Дар ҷадвали ду баъзе қиматҳоро бо рангҳои сиёҳ ишора шудааст, он чунин маъно дорад, ки коэффитсиенти шиддатнокии барои металлҳо дар растаниҳои шифобахш нисбати дигари онҳо зиёд аст.

Имрӯзо мутахассисони соҳаи тиб нақши микроэлементҳои дар бадани инсон мавҷудбударо омӯхтаанд ва фунсияҳои биологии металлҳои (Ni, Co, Cu, Zn)-ро барои биомеханизми бадан хеле муҳим мешуморанд. Мутахассисон ба ҳар як моддаи табиӣ он қадар диққат додаанд, ки барои саломатии организм ҷӣ нақшо мебозад, ва ҳосиятҳои биологии металлҳоро дар бисёр адабиётҳо дарҷ намудаанд.

Аз натиљаҳои таҳқиқ бармеояд, ки миқдори МВ (Ni, Co, Cu ва Zn) дар таркиби гиёҳи шифобахши ширинбия, пудина, кокутї ва шибит муайян карда шуд. Ба мутахассисони соҳаи тиб маълум аст, ки ин металлҳо дар организми инсон ҷӣ нақшо мебозанд. Аз ин лиҳоз, мутахассисони соҳаи дорусозӣ барои сохтани дору аз ширинбия, пудина, кокутї ва шибит метавонанд аз ҷадвалҳои 1, 2 ва аз диаграммаҳо истифода баранд.

Адабиёт

1. Ильин Б.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. / Б.Б. Ильин//– Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. – 151 с.
2. А.Кабата-Пендиас Микроэлементы в почвах и растениях/ А.Кабата-Пендиас, Х.Пендиас // – М.: Мир, 1989. – 439 с.
3. А.Ф.Титов. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам:/ А.Ф.Титов, В.В.Таланова, Н. М. Казнина //Учебное пособие – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. – 77 с.
4. А. В. Григорьев Рентгенофлуоресцентный анализ растительных материалов, способы добавок и внешнего стандарта / А. В. Григорьев // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2012. – №. 144. – С. 82–91.
- 5.Титов А. Ф. Тяжелые металлы и растения/ А. Ф.Титов, Н. М.Казнина, В. В.Таланина // моногр. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.
- 6.Barsova N. Current state and dynamics of heavy metal soil pollution in Russian Federation — A review/ N. Barsova, O.Yakimenko, I.Tolpeshta, G.Motuzova // Environmental pollution. – 2019. – Vol. 249. – P. 200–207.

7. Снежко С.И. Источники поступления тяжелых металлов в атмосферу/ С.И.Снежко, О.Г. Шевченко // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2011. – №. 18. – С. 35–37.
8. Головин А.В. Особенности накопления цинка и никеля некоторыми лекарственными растениями, произрастающими на территориях с различной степенью техногенной нагрузки Экосистемы/ А.В. Головин, Л.Н. Скрыпник, Я. А. Масютин - 2021.- 26.- С.67–77.
9. Энциклопедияи Советии Тоҷик [дар 8ҷ.] / сармухаррир А.С.Сайфулоев.-Д: СИЭСТ,1978-1988.
10. Зоҳидов Ҳ. Қанзи шифо./Ҳ.Зоҳидов // Душанбе: Ирфон, 2013. -857с.
11. Абӯалӣ ибни Сино. Қонуни тиб. Душанбе 2010,-768с
12. Michael T. Textbook of Natural Medicine/ Т. Michael, N.D. Murray // 2020. -Р.641-647
13. ГОСТ Р 58588-2019 Отбор и подготовка растительных проб для изотопного анализа. 2020.-12 с.
14. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа.- М 049-П/04. СПб: ООО НПО «Спектрон», 2004. – 20 с.
15. Марупов Р.М. Содержания тяжелых металлов в пробах некоторых лекарственных растений Таджикистана/ Марупов Р.М., Абдуллаев С.Ф., Хайдаров К.Х., Бобизода Г.М., Шукуров Т., Джалилов Дж.Н. // ДАН РТ. 2018, т.61. - №6.- с. 350-359.

РАСЧЁТ ОБРАТНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ВОЗДУШНЫХ МАСС С НАИБОЛЬШИМ СОДЕРЖАНИЕМ Zn, As И Pb В АТМОСФЕРНОМ АЭРОЗОЛЕ ЮЖНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА

Ш.Х. Халифаева, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов

Физико-технический институт имени С.У. Умарова НАНТ, Душанбе, Таджикистан

E-mail: shohina93@inbox.ru

Модель гибридной одночастичной Лагранжевой интегрированной траектории (HYSPLIT) широко используется для создания траекторий движения воздушных масс в обратном направлении в заданных начальных точках. HYSPLIT позволяет обнаружить расположение возможных источников тех или иных ТМ [1-4].

Для расчёта обратных траекторий использовались следующие параметры: GDAS1 – в архиве которого хранятся данные с 2006 по сей день, время движения воздушных масс 168 часов, высота траекторий воздушных масс над уровнем земли – 500м, 1000м, 1500м.

Параметр ансамбля траекторий запускает несколько траекторий из первого выбранного начального местоположения. Каждый элемент ансамбля траекторий рассчитывается путем смещения метеорологических данных на фиксированный коэффициент сетки. В результате получается 27 элементов для всех возможных смещений по осям X, Y и Z. Для оптимальной конфигурации ансамбля начальная высота должна быть больше 250 м [1].

Воздушные массы, в пробах аэрозольных частиц которых найдена высокая концентрация Zn, прошли на территорию Таджикистана 15.08.2008 г. На рисунке 1а приведены три траектории с разными высотами над уровнем земли в точке сбора проб. Траектория на уровне 500м за неделю распространения проходила над территорией России на высоте 1000 м.

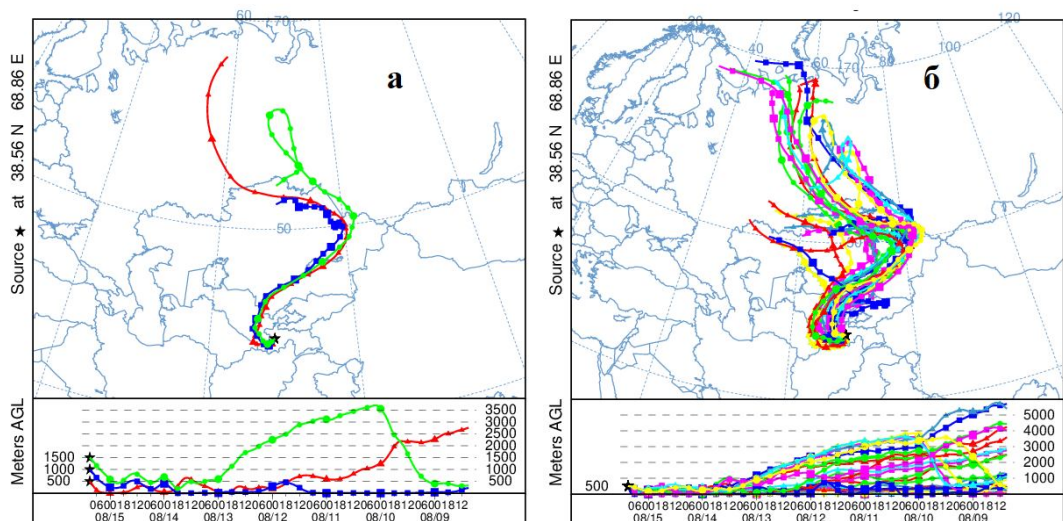


Рисунок 1. - Обратные траектории воздушных масс содержащих максимальные концентрации Zn в пробах АА (Душанбе, 15.08.08 г.).

Над Казахстаном, западной частью Узбекистана и южной частью Таджикистана, эта траектория проходила над поверхностью земли. Вторая траектория (на уровне 1000 м) началась над северным Казахстаном, прошла над западной частью Узбекистана, южной частью Таджикистана и на всем пути была близка к поверхности земли. Третья траектория преодолела тот же самый путь, что и вторая траектория, но над Казахстаном находилась выше 500 м над уровнем земли. Ансамбли обратных траекторий воздушных масс также прошли путь над Россией, Казахстаном и Узбекистаном.

Обратные траектории воздушных масс с высоким содержанием Рb в пробах аэрозоля представлены на рисунке 2. Траектория, заданная на высоте 500м в конечной точке, 168 часами ранее находилась над Азербайджаном, прошла над Каспийском море, частично Ираном и Афганистаном и вошла в Таджикистан. Вторая траектория (на высоте 1000 м), обнаружена на территории Ирана, пройдя путь через Туркменистан и Афганистан, вошла в Таджикистан через южную границу.

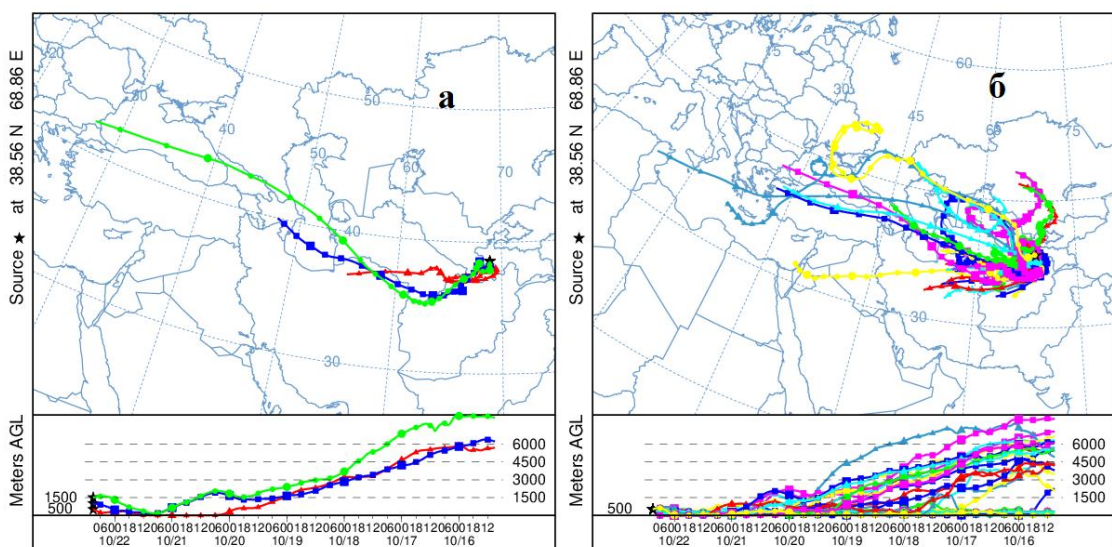


Рисунок 2. - Обратные траектории воздушных масс с максимальной концентрацией Рb в пробах АА (Душанбе, 22.10.2013 г.).

Третья траектория от Румынии, пройдя над Черным морем, Каспийским морем, Туркменистаном, Ираном и Афганистаном, пришла в Таджикистан. Необходимо отметить, что все траектории проходили у поверхности земли на южной части Таджикистана.

Ансамбль обратных траекторий воздушных масс, в атмосферных частицах которых, было обнаружена высокая концентрация As показывает, что воздушный поток пересек Таджикистан с востока и юга (рисунок 3б). На рисунке 3а приведены три траектории с параметрами, что и в рисунках 1а и 2а. Первая траектория (на высоте 500 м) за неделю ранее началась на территории Ирана пройдя над Афганистаном, пересекла границу Таджикистана. Вторая (на высоте 1000м) началась в Афганистане, прошла над южной и центральной частями Таджикистана, через западные границы прониклась в Узбекистан и через те же границы пришла в Душанбе. Первая траектория над южным Таджикистаном, вторая траектория почти на всем пути и третья траектория над северной частью Афганистана, южной и центральной частей Таджикистана и южной части Узбекистана проходили близко от поверхности Земли.

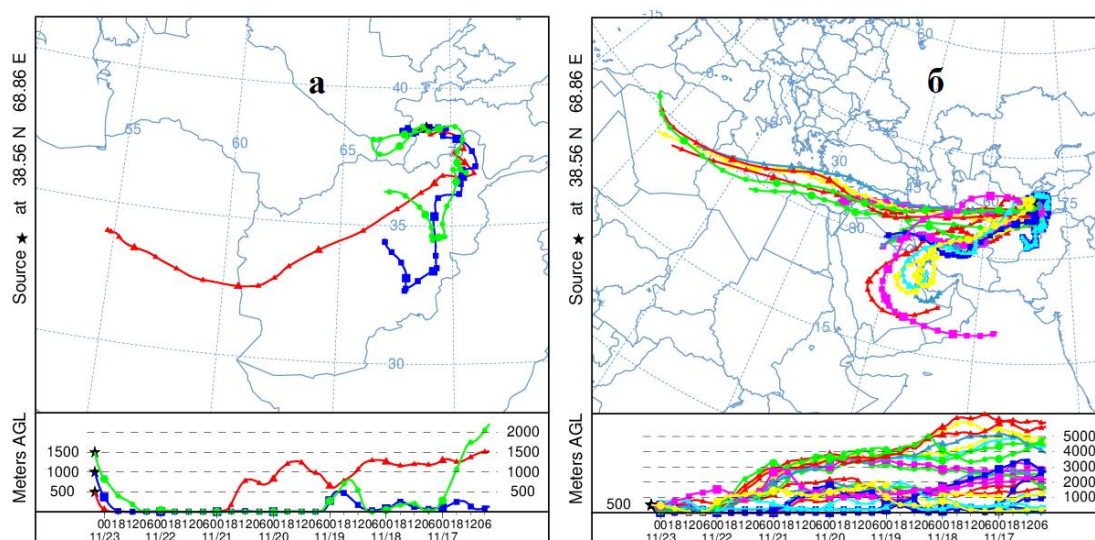


Рисунок 3. - Обратные траектории воздушных масс с максимальной концентрацией As в пробах АА (Душанбе, 23.11.2007 г.).

По результатам расчета обратных траекторий воздушных масс, можно предположить, что части траекторий, проходившие над поверхностью земли, содержат возможные источники загрязнений. Исходя из результатов работы, возможными источниками загрязнений могут быть южная часть Таджикистана, Афганистан и южная часть Узбекистана.

Литература

1. <https://ready.arl.noaa.gov/index.php>.
2. Виноградова А.А., Иванова Ю.А. Загрязнение воздушной среды в центральной Карелии при дальнем переносе антропогенной примеси в атмосфере //Известия Российской академии наук, 2013. № 5. С. 98-108.
3. Scarchilli C., Frezzotti M., Ruti P.M. Snow precipitation at four ice core sites in East Antarctica: provenance, seasonality and blocking factors. // Climate Dynamics, 2011. Vol. 1. Pp. 2107-2125.
4. Stein A., Draxler R.R., Rolph G.D., Stunder B. J., Cohen M., Ngan F. NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system //Bull. Am. Meteorol., 2015. Vol.96. Pp. 2059-2077.

ИК-АНАЛИЗ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ г. ДУШАНБЕ

¹Шозиёев Ш.П., ²Махмадбегов Р.С.

¹РТСУ, начальник ресурсного центра, г. Душанбе, РТ, shokarim@mail.ru

²РТСУ, декан естественнонаучного факультета, г. Душанбе, РТ, mah8brashid@mail.ru

Известно множество методов определения химического состава грунта. Один из таких методов для обнаружения химического состава лёссового грунта (дисперсного типа), является спектральный анализ. Современные спектрально аналитические технологии позволяют провести элементный анализ пробы грунта. Инструментальные методы исследования пробы, теория и практика химического анализа почвы подробно описаны в работах [Белоусова Е.Н., 2014; Воробьева, 2006]. Широкие исследования по спектральному анализу также ведутся в других геологических направлениях науки. Следуя этим авторам, был проанализирован поверхностный слой земли, относящийся к лёссовому типу грунта. Основная цель данного исследования является определение химического состава грунта. Эффективность землепользования во многом зависит от состояния почвы. Поэтому в данной работе производится анализ поверхностного слоя земли (лёссовых грунтов) на территории г. Душанбе. По полученным данным сделать вывод о её содержании.

Методика анализа. Спектральные методы анализа являются наиболее распространенными способами анализа по качественному и количественному составу почвы. Качественный и количественный анализ содержания грунта проводился на измерительном аппарате IRtracer-100. Данный аппараты позволяет делать спектральный анализ в диапазоне сканирования от 12500 до 240 см⁻¹. Широкий диапазон прибора делает его инструментом для количественного и качественного анализа в пищевой, химической, фармацевтической продукции(промышленности). Обладает высоким разрешением от 0,25 до 16 см⁻¹ с измерением 20 спектров в секунду.

Принцип работы спектрометра основан на выделении и анализе спектров образца и осуществляется с помощью последовательного выделения линий характеристического излучения молекул исследуемых образцов грунта, облучаемого инфракрасным пучком. Состав образца определяется интенсивностью и диапазоном излучения молекул специальными функциями программного обеспечения данного прибора [Руководство по...].

Для анализа изготавливаются пробы из измельчённого грунта. При подготовке образца было соблюдено условие максимальной измельчённости и отсутствия неоднородностей и шероховатости (гладкость) поверхности образца для уменьшения погрешности измерения и увеличение точности определения молекул веществ, входящие в состав лёссового грунта [Нечипоренко А.П. и др., 2016].

Результаты и обсуждения. Почва остаётся сложным объектом исследования. Определение химических свойств методом спектрального анализа во многом связан со состоянием почвы.

Спектральный анализ показал, что лёссовые грунты содержат в себе много пороодообразующих веществ. На рисунке 1 показан спектр некоторых идентифицированных веществ с помощью специальной программы измерительного аппарата IRtracer-100.

Анализ показал разное распределение элементов на выбранной территории. Изменчивость свойств связана с действием окружающей среды. Изменение элементного состава грунта в пространстве и времени можно интерпретировать как фактор изменения материнской породы образования почвы, рельефа, изменения климата, растительного и

живого мира на выбранной территории. Действие этих факторов приводит к дифференциации состава грунта по разным направлениям, то есть вертикальное и горизонтальное неоднородное формирование.

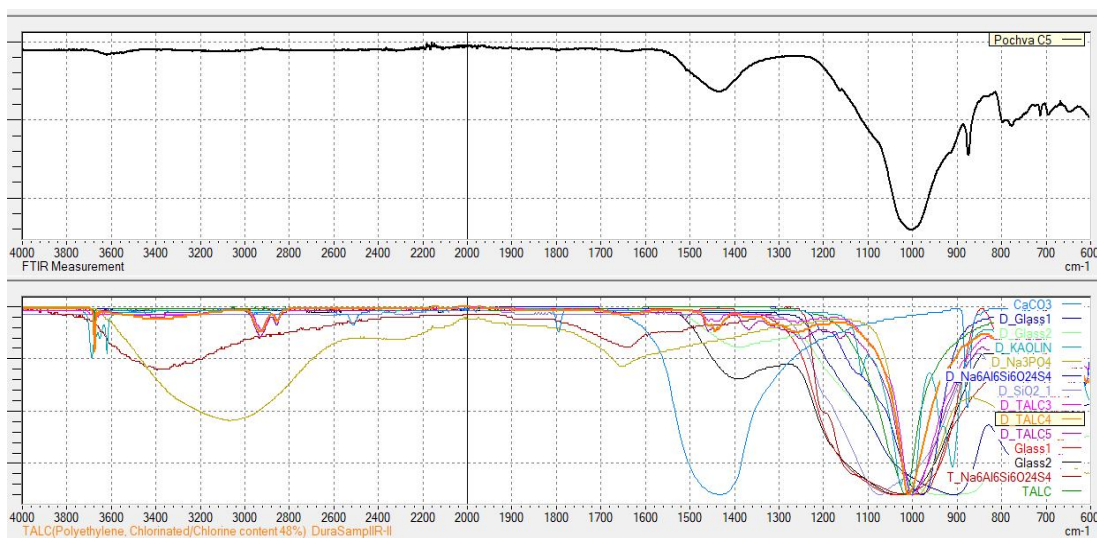


Рисунок 1 - Спектр некоторых идентифицированных веществ по полученному спектру на измерительном аппарате IRtracer-100 (образец C5).

Согласно [Самофалова И.А., 2009] свойства грунта зависят от химического состава почвообразующих пород, т.е. элементный состав минералов почвообразующей породы играют первостепенную роль. Например, присутствие оксидов железа, марганца, цинка и никеля на рентгеновском спектре почвы во многом связано с железосодержащими минералами [Шозиёв Ш.Ш. и др., 2023]. Железо входит в состав многих минералов (оливин и др.), а также глинистых минералов и минеральных групп. Так как на территории ЦА широко распространяются лессы и лессовидные суглинки, то они обогащены железом, щелочами и щелочно-земельными элементами [Мамонтов В.Г., 2006]. Анализ образцов также показал, что концентрация железа почвы имеет градиентный характер, т.е. с выбором образцов с глубины 40-60 см достигает 3-4%.

Известно, что почва наследует химический состав коры Земли во время процесса выветривания в период формирования (скорости формирования почвы варьирует от 0.01-5000 тысячи лет). Процесс выветривания также сопровождается влиянием органического вещества, также меняющий состав почвы [Белобров В.П., 2012]. Кроме определённого количества гумуса в состав приповерхностных образцов входят минеральные частицы: кальций, магний, калий, фосфор и сера, которые являются питательными элементами для роста растений, содержание их в породе играет первостепенную роль для роста растений (полный анализ не проводилось, но результат важен для биологов и агробиологов).

Как видно из таблицы в состав лессовых грунтов на территории города Душанбе входят некоторые виды природных стекол, тальк (с включениями магния, хлор сульфатной группы), силикаты, кольцевые, литиевые и бариевые карбонаты и прочие.

Выводы. ИФ метод исследования быстрый и малозатратный способ анализа элементного состава веществ, чем традиционные (химический и пр.) способы определения химического состава. Имеются определённые ограничения в определении состава веществ данным способом.

Таблица 1 - Список основных парадобрающих элементов лесного грунта (список превиден по международной номенклатуре библиотеки специализированной программы IRTracer-100).

	Score	Library	Name	Comment
1	838	6 - T-Inorganic2	Glass2	Glass Transmission
2	798	5 - T-Inorganic2	Glass1	Glass Transmission
3	779	6 - ATR-Inorganic2	D_Glass2	Glass DuraSamplIR
4	769	34 - ATR-Inorganic2	D_Na6Al6Si6O24S4	Na6Al6Si6O24S4, DuraSamplIR, Pig No. B-29, Ultramarine, CAS No. 57455-37-5
5	769	2 - ATR-Inorganic2	D_SiO2_1	Diatomaceous Earth/Granular/SiO2 DuraSamplIR
6	763	29 - T-Inorganic2	T_Na6Al6Si6O24S4	Na6Al6Si6O24S4, Transmission(Microscope), Pig No. B-29, Ultramarine, CAS No. 57455-37-5
7	763	3 - T-Inorganic2	TALC	TALC/3Mg4SiO2H2O Transmission
8	751	5 - ATR-Inorganic2	D_Glass1	Glass DuraSamplIR
9	732	7 - T-Inorganic2	CaCO3	Calcium Carbonate/CaCO3 Transmission
10	729	31 - ATR-Inorganic2	D_TALC5	TALC(Polyethylene, Chlorosulfonated) DuraSamplIR-II
11	728	11 - ATR-Inorganic2	D_Na3PO4	Na3PO4 12H2O DuraSamplIR
12	728	4 - ATR-Inorganic2	D_KAOLIN	KAOLIN/Al2Si2O5(OH)4 DuraSamplIR
13	717	30 - ATR-Inorganic2	D_TALC4	TALC(Polyethylene, Chlorinated/Chlorine content 48%) DuraSamplIR-II
14	715	29 - ATR-Inorganic2	D_TALC3	TALC(with Polyethylene, Chlorinated /Chlorine content 42%) DuraSamplIR-II
15	686	8 - T-Inorganic2	BaCO3	Barium Carbonate/BaCO3 Transmission
16	683	3 - ATR-Inorganic2	D_TALC	TALC/3Mg4SiO2H2O DuraSamplIR
17	669	27 - ATR-Inorganic2	D_TALC2	TALC(with Polyethylene, Chlorinated /Chlorine content 25%) DuraSamplIR-II
18	667	10 - ATR-Inorganic2	D_Li2CO3	Lithium Carbonate/Li2CO3 DuraSamplIR
19	667	4 - T-Inorganic2	KAOLIN	KAOLIN/Al2Si2O5(OH)4 Transmission
20	660	10 - T-Inorganic2	Li2CO3	Lithium Carbonate/Li2CO3 Transmission

Список литературы

1. Белобров В.П. География почвы с основами почвоведения. Москва: Издательский центр «Академия», 2012. -384 стр.
2. Белоусова Е.Н. Инструментальные методы исследования почв и растений: учеб. пособие / Е.Н. Белоусова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 267 с.
3. Воробьева, Л.А. Теория и практика химического анализа почв. – М.: ГЕОС, 2006, – 400 с.
4. Мамонтов, В.Г. Общее почвоведение / В.Г. Мамонтов, Н.П. Панов, И.С. Кауричев, Н.Н. Игнатъев. - М.: Колос, 2006. - 456 с.
5. Нканиси К. Инфракрасный спектры и строение органических соединений / Под редакцией Мальцева А.А. Издательство «Мир», Москва, 1965, 210 стр.
6. Нечипоренко А.П. и др. Специализированный практикум по физико-химическим методам анализа. Теория и практика. Часть II. Учебно-методическое пособие. – СПб.: университет ИТМО, 2016. – 181 с.
7. Обручев В. А. Лёсс как особый вид почвы, его генезис и задачи его изучения // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. № 12. 1948. С. 5-17.
8. Руководство по эксплуатации спектрофотометр инфракрасного диапазона с Фурье преобразованием IRTracer-100, 2018, 218 стр.
9. Самофалова И.А. Химический состав почв и почвообразующих пород [Текст]: учебное пособие. И.А. Самофалова, М-во с.-х. РФ, ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. – 132 с.
10. Шозиёев Ш.П., Назруллоева А.А., Ходжаева Н.Х. Рентгенофлуоресцентный анализ почвы на территории РТСУ / Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Новые достижения в области естественных наук и информационных технологий», посвящённой «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук на 2020-2040 гг.», 30 мая 2023 года, стр 82-84.

РУШДИ ОМУЗИШИ КАЙҲОН ДАР ТОЧИКИСТОН

А.Қ. Қаямзода

Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Бобочон Ғафуров,

ш. Хучанд, Ҷумҳурии Тоҷикистон

E-mail: abdumalik-kosta68@mail.ru

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон омӯзиши ҷирмҳои осмонӣ ва фазои кайҳон ҳанӯз солҳои сиюми асри гузашта, баъди таъсис ёфтани пажӯҳишгоҳи астрофизикаи Академияи илмҳои Тоҷикистон ва Расадхонаи астрономии Ҳисор оғоз ёфта буд. Олимони варзидаи ҷумҳурӣ Добровольский О. В. ва Бобочонов П. Б. сарвари пажӯҳишгоҳро солҳои тӯлонӣ ба ўҳда гирифта, дар як вақт ба корҳои илмӣ-тадқиқотӣ ва тайёр намудани мутахассисони соҳаи астрофизикаи муосир машғул буданд. Добровольский О.В. натиҷаҳои корҳои илмӣ татқиқотиро дар ду асри илмиаш “Нестационарные процессы в кометах и солнечная активность” ва “Кометы”, ки солҳои 1961 дар Душанбе ва 1966 дар Москва нашр шудаанд, ҷамъбаст намудааст.

Олими маъруф Бобочонов П.Б. солҳои тӯлонӣ доир ба сохт ва хусусиятҳои ҷирмҳои хурди осмонӣ (астероидҳо ва метеоро) тадқиқот гузаронидааст. Ў то имрӯзҳо доир ба ин соҳа ба як қатор кашфиётҳои илмӣ муваффақ шуда, илми астрофизикаи тоҷикро машҳури ҷаҳон гардонидааст. Дар пажӯҳишгоҳи астрофизика инчунин олимони Н.Махсумов, Х.Ибодинов, С.Ибодов ва дигарон ба тадқиқу пешбурди илми нучум дар Ҷумҳуриямон саҳми сазовори худро гузоштаанд. Шӯҳрати ҷаҳонӣ доштани астрофизикаи Тоҷикистон боиси он гардид, ки 7 сайёраи хурди солҳои охир кашф гардида ба номи олимони он-Бобочонов П.Б., Бахеров А.М., Чернова Г.П., Добровольский О.В., Герасименко В.А., Ибодинов Х.И., Киселев Н.Н. гузошта шудаанд.

Расадхонаи байналмилалӣ астрономии “Санглох” аз лиҳози диди оптикӣ ва иқлими астрономӣ беҳтарин дар ҷаҳон аст ва он дар замони соҳибистиқлолӣ бо дарназардошти аҳамияти бузурги илмӣ ва байналмилалӣ мушоҳидаҳои астрономӣ, омӯзиш ва таҳқиқи ҷирмҳои хурди системаи офтобӣ, кометаҳо баъд аз 20 сол барқарор карда шуд.

Расадхона дар баландии 2300 метр аз сатҳи баҳр қарор дорад ва соли 1977 сохта шудааст. Расадхона аз соли 1995 мақоми байналмилалӣ гирифтааст, зеро саҳми он ва олимони соҳа дар пешрафти илми кайҳоншиносӣ дар ҷаҳон назаррас аст.

Расадхонаи “Санглох” дорои телескопи оинагӣ мебошад, ки қутри он ба 1 метр баробар аст. Ин телескоп соли 1980 аз ширкати Карл Тсейсси Олмон оварда шуда, дар расадхона насб гардидааст. Телескоп объектҳои андозаашон 10 сантиметрро дар масофаи 40 ҳазор километр аз сатҳи Замин дида метавонад. Сифати аксҳои ин телескоп тақрибан ба нишондодҳои телескопи қутраш 2 метр наздик мебошад. Чунончи, соли 1985 дар вақти наздикшавии навбатии кометаи Ҳаллей ба Офтоб аксҳои нахустини Расадхонаи “Санглох” бо ёрии телескопи қутраш 1 метр гирифта шуданд, дар ҳоле ки ин аксҳо бо ёрии телескопи қутраш 6 метр дарёфт карда натавониста буданд. Дар он лаҳза равшаннокии комета ба 22 қутри ситорагӣ баробар буд.

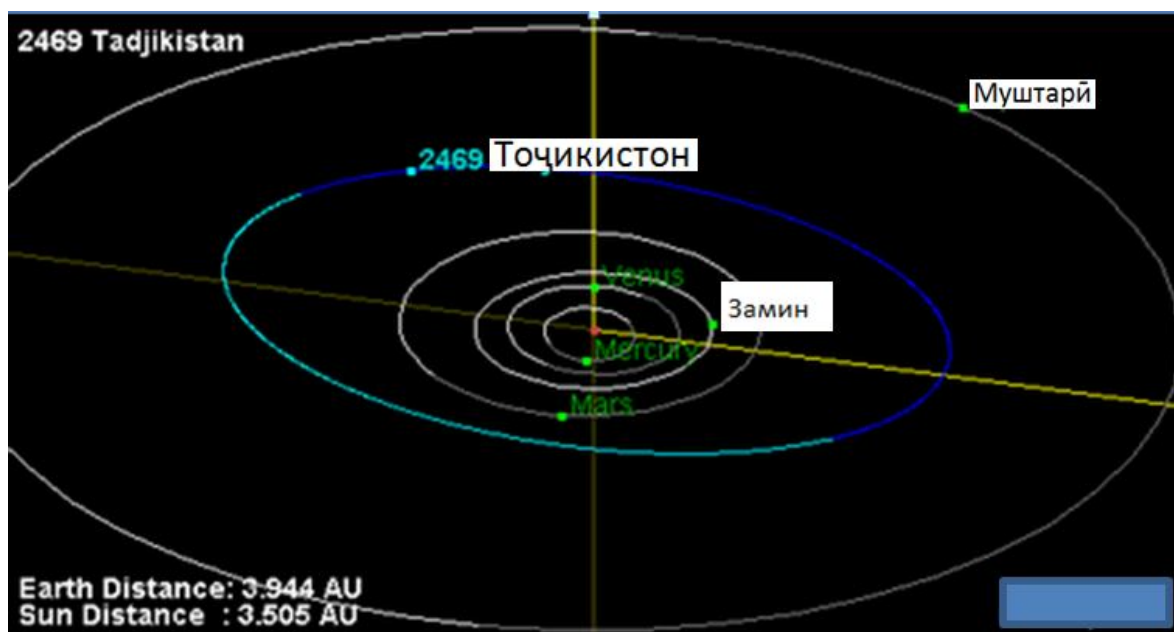
Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ - Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон ҳангоми шиносӣ бо шароити фаъолияти расадхона таъкид намуданд, ки марказ барои тарбияи кадрҳои ҷавон пойгоҳи хубе

хоҳад буд. Ба кормандони Институти астрофизика дастур дода шуд, ки бо олимони кишварҳои пешрафта ҳамкорӣ намоянд, то мактаби астрономии Тоҷикистон тақвият ёбад.

Ҳоло дар Институти астрофизика 3 расадхона - расадхонаи Ҳисор дар баландии 730 метр, Расадхонаи “Санглох” дар ноҳияи Данғара дар баландии 2300 метр ва Расадхонаи “Помир” дар ноҳияи Мурғоби Вилояти Мухтори Кухистони Бадахшон дар баландии 4350 метр фаъолият доранд.

Иттиҳоди байналмилалӣ астрономӣ саҳми институтро дар рушди илми астрономия хеле баланд арзёбӣ намуда, 7 сайёраи хурдро ба номи олимони шинохтаи тоҷик ва 2 сайёраи дигарро “Тоҷикистон” ва “Расадхонаи Ҳисор” номгузорӣ кард.

Яке аз сайёраҳои хурди системаи Офтобӣ ба шарафи саҳми олимони тоҷик дар инкишофи астрофизикаи ҷаҳонӣ сайёраи Тоҷикистон номгузорӣ карда шудааст. Сайёраи Тоҷикистон дар байни сайёраҳои Миррих ва Муштарӣ дар қатори тасмаи астероидҳо ҷойгир буда масофаи наздиктарини он то Замин 250 миллион километрро ташкил медиҳад. Масофаи сайёраи Тоҷикистон то Офтоб 463 миллион километрро ташкил намуда, сайёра дар бадали панҷ соли заминӣ аз рӯи мадори худ як маротиба дар гирди Офтоб давр мезанад.



Расми 1 - Сайёраи Тоҷикистон дар системаи Офтобӣ

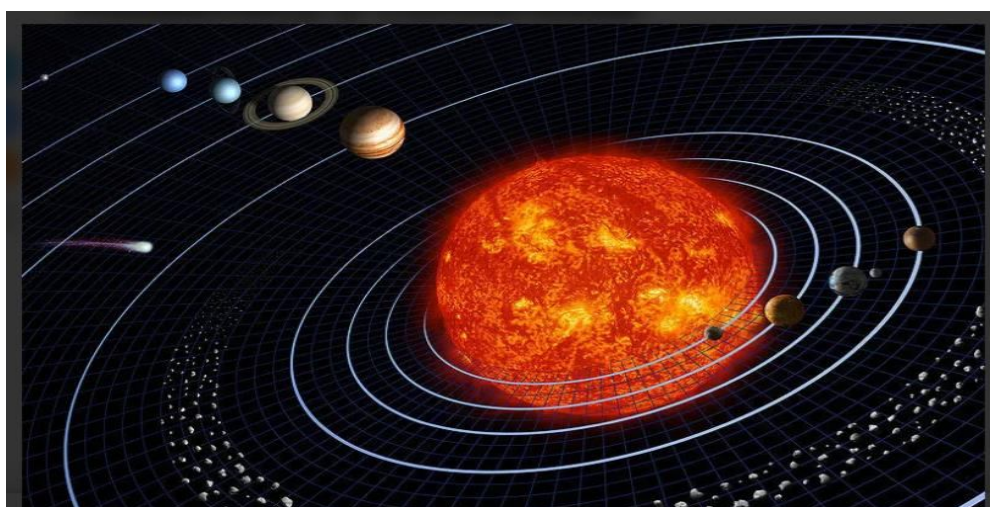
Якуми сентябри соли 2015 дар фазои идона, дар рӯзи дониш Президенти Академияи илмҳои мамлакат Шаҳодатномаи ин рӯйдоди таърихиро ба Пешвои миллат, Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ, Президенти кишвар мӯхтарам Эмомалӣ Раҳмон бо тантана супорид.

“Чунин дастовардҳои назаррас аз олимони ва тадқиқотчиёни мамлакат талаб менамояд, ки боз ҳам кӯшишу ғайрати худро баҳри манфиати давлату миллат ва умуман барои тамоми инсоният равона намоем”- кайд намуд сарвари давлат.

Ҳоло сайёраи Тоҷикистон дар масофаи наздиктарин аз Замин ҷойгир аст ва олимони тоҷик хусусиятҳои физикӣ ва химиявӣ он ва равандҳое, ки дар ин сайёра ба амал меоянд, омӯхта истодаанд.

Ҷадвали 1 - Хусусиятҳои орбиталӣ ва физикии системаи офтобӣ

Хусусиятҳои орбиталӣ	
Эксентриситет (e)	0.1339881
Нимтираи калон (a)	465,817 млн км (3,1137935 в.а.)
Перигелий (q)	403,403 млн км (2,6965822 в.а.)
Афелий (Q)	528,231 млн км (3,5310048 в.а.)
Даври гардиш (P)	2006,934 ш.р (5,495 с.)
Суръати миёнаи орбита	16,803 км/с
Моилигӣ (i)	9,68019°
Дарозии тулӯи гирех(Ω)	151,78889°
Аргументи перигелия (ω)	141,74842°
Аномалияи миёна (M)	129,02924°
Хусусиятҳои физикӣ	
Диаметр	13—28 км
Андозаи зохирии ситоравӣ	17,18 ^m (чорӣ)
Андозаи мутлақи ситоравӣ	11,6 ^m
Масофаи воқеӣ то Офтоб	2,697 в.а.
Масофаи воқеӣ аз Замин	3,434 в.а.



Расми 2 - Системаи Офтобӣ

Боиси ифтихор аст, ки имрӯз дар тамоми ғушаву канори кишвар устодони варзида дар соҳаҳои гуногуни илми физикаи муосир, радиофизика, ситорашиносӣ, омӯзиши хосиятҳои физикию химиявии объектҳои кайҳонӣ ва ғайра ғаёлона тадқиқотҳои илмӣ гузаронида истодаанд.

Адабиёт

1. Х.Ф. Абдуллозода. Абӯмаҳмуди Хучандӣ ва таърихи астрономияи халқи тоҷик. Хучанд. Нури маърифат.2005.
2. Бакулин П. И. и др. Курс общей астрономии. М.: Наука,1983.

3. Воронцов –Вельяминов Б. А. и др. Методика преподавания астрономии. М.: Просвещение, 1984.

4. Розенфельд Б.А. Астрономия стран ислама. Историко-астрономические исследования, вып.17.М.Наука, 1984, с.67-112.

ИНВАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ЭНЕРГОЕМКОСТИ РАБОТЫ НАСОСНОГО АГРЕГАТА

**К. Ботуров¹, З.Ш. Юлдашев¹, Х.Ф. Махмудов²,
Ш.И. Мирзоев³, С.С. Назаров³, Р.З. Юлдашев⁴**

¹*Физико-технический институт имени Н.М. Умарова НАНТ, Душанбе, Таджикистан,*

²*Физико-технический институт имени А. Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия,*

³*Таджикский аграрный университет имени Ш. Шотемур, Душанбе, Таджикистан,*

⁴*Частный консультант по энергетике, Душанбе, Таджикистан.*

E-mail: zarifjan_yz@mail.ru

Научный коллектив ФТИ имени С.У. Умарова НАНТ сотрудничает на основании Протокола о сотрудничестве от 21.10.2021 года с Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Физико-техническим институтом им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук. Одним из результатов совместного сотрудничества Физико-технических институтов и Таджикского аграрного университета является вопрос изобретательства, в частности получение два малых патента Республики Таджикистана и регистрация заявки на получение малого патента.

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов.

Изобретение относится к электротехнике и предназначено для мониторинга основных энергетических параметров и энергоемкости выполнения энерготехнологического процесса силовых трансформаторов.

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов, содержащее блок измерения величины тока, блок измерения величины напряжения, блок контроля системы масляного охлаждения трансформатора и устройства для обработки полученных данных.

На входе высоковольтной стороне силового трансформатора установлены высоковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и высоковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель $\cos\varphi$ на высоковольтной стороне соединены с входом блока коммутации, на выходе низковольтной стороне силового трансформатора установлены низковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и низковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации.

Также их выходы через измеритель $\cos\varphi$ на низковольтной стороне соединены с входом блока коммутации, выходы датчика уровня масла и датчика температуры соединены с входом блока коммутации, выход блока коммутации соединен с входом вычислительного блока, вход-выход блока коммутации через вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня, выход пульта управления

соединен с входом вычислительного блока, вход-выход системы высшего уровня соединен с вычислительным блоком, а выходы вычислительного блока соединены с входами монитора и принтера [1].

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов получение достоверной информации по потерям мощности (энергии) по фазам и в целом по силовому трансформатору и предотвращение от преждевременного выхода из строя и получения энергетического паспорта силового трансформатора.

Устройство для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата.

На практике по мере эксплуатации насосного агрегата происходит износ рабочих частей его элементов:

- износ рабочего колеса,
- износ корпуса насоса,
- износ опорных подшипников насоса и электродвигателя,
- износ шестеренок и подшипников редуктора,
- ухудшение смазочных свойств масла редуктора,
- снижение сопротивления изоляции обмоток электродвигателя из-за высокой влажности воздуха,
- износ и снижение сопротивление изоляции проводов и кабелей, питающих электроэнергией электродвигателя,
- изменение напора и расхода насоса по выше приведенным причинам.

При повышении энергоемкости работы элементов насоса, редуктора и электродвигателя, например, на 15%, приводит к повышению энергоемкости работы насосного агрегата на 50% (было 2,006 после эксплуатации стало 3,050). На практике энергоемкость работы насосного агрегата повышается до значения 5 и более [2].

По завершении исследований по определению энергоемкости работы насосного агрегата на мониторе визуализируется энергетический паспорт насосного агрегата, где отражаются результаты исследований (заводские данные, результаты измерений и вычислений при первом энергоаудите, результаты измерений и вычислений при втором энергоаудите и так далее) [3, 4].

Изобретение позволяет определять автоматизировано параметры энергоемкости работы насосного агрегата. С пульта управления оператор может отправлять результаты исследований и энергетический паспорт в систему высшего уровня.

Автоматизированное устройство для определения параметров окружающей среды, преимущественно в помещениях.

Изобретение относится к области контроля параметров окружающей среды, преимущественно, в производственных помещениях. К таким параметрам относятся: метеорологические - температура, влажность воздуха, давление (в герметизированном помещении), экологические - химический состав воздуха, в том числе, наличие и концентрация токсичных газов, производственные - уровень шума, освещенность, вибрационная нагрузка и др.

Автоматизированное устройство для определения параметров окружающей среды, преимущественно в помещениях, содержит метеорологические датчики, датчики экологического мониторинга и датчики производственной среды, выходы датчика

температуры (ДТ), датчика влажности (ДВ), датчика давления (ДД), датчика химического состава воздуха (ДХСВ), датчика скорости перемещения воздуха (ДСПВ), датчика уровня шума (ДУШ), датчик освещенности (ДО), датчика вибрационной нагрузки (ДВН), радиометра, датчика-дальномера для измерения расстояния от точки измерения до стены помещения (ось X) (ДДХ), датчика-дальномера для измерения расстояния от точки измерения до стены помещения (ось Y) (ДДУ), датчика-дальномера для измерения расстояния от точки измерения до пола помещения (ось Z) (ДДZ) соединены со входами блока коммутации и контроля (БКК).

Имеющие соответствующим датчикам сигнальные лампы, выходы БКК соединены с входами базы измеренных данных (БИД), первый вход-выход которого соединен с вход-выходом пульта управления (ПУ), вход-выход которого соединен с вход-выходом базы нормативных данных (БНД), второй вход-выход БИД соединен с вход-выходом вычислительного блока (ВБ), вход-выход которого соединен с вход-выходом ПУ, вход-выход ВБ соединен с вход-выходом системы высшего уровня, выход таймера соединен с входом ПУ, вход-выход блока исходной информации (БИИ) соединен с вход-выходом ПУ, вход-выход БИИ соединен с вход-выходом ПУ выход ПУ соединен с входом привода, выход ПУ соединен с входом монитора, выход которого соединен с входом принтера, где печатается энергетический паспорт помещения.

При этом вход-выход ВБ соединен с вход-выходом монитора, привод, установленный на стойке, соединен с валом, который имеет резьбовое соединение с втулкой, которая соединена со столом для работы оператора и размещения оборудования и столом для датчиков, при этом стойка жестко соединена с кронштейном с роликами [5].

Изобретение позволяет определять автоматизировано параметры окружающей среды, преимущественно в помещениях и получать энергетический паспорт помещения.

Разработанные устройства для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов и энергоемкости работы насосного агрегата позволяют определять в производственных условиях режимы работы силовых трансформаторов и энергоемкость работы насосного агрегата. Энергоемкость ВВП складывается и из энергоемкости каждого энерготехнологического процесса. Разработанное автоматизированное устройство для определения параметров окружающей среды, преимущественно в помещениях позволяет проводить исследования по определению параметров жизнедеятельности в помещениях с получением энергетического паспорта с указанием отклонений от нормативных данных.

Литература

1. Малый патент №ТJ 1208 РТ. МПК (2006) Н 02 В 7/00. Н 02 J 13/00. Н 02 Н 7/04. Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов / Юлдашев З.Ш., Ёрмахмадзода О.Ё., Махмудов Х.Ф., Қасобов Л.С., Мирзоев Ш.И., Юлдашев Р.З. / Заявка №2101533. Дата подачи 13.04.2011. Бюл. №177, 2021.
2. Малый патент № TJ 1374 РТ. МПК (2006) G 01 L 3/24. F 04 В 51/00. G 01 F 1/00. Устройство для диагностики и определения энергоемкости работы насосного агрегата / Юлдашев З.Ш., Нозимов З.Н., Махмудов Х.Ф., Ризоев И.Б., Хабибов А.Х., Мирзоев Ш.И., Назаров С.С., Юлдашев Р.З. / Заявка №. 2101604. Дата подачи 02.11. 2011. Бюл. №194, 2023.
3. Valery N. Karpov, Fedor D. Kosoukhov, Alexey P. Epifanov, Zarifjan Sh. Yuldashev and Vladislav V. Kolosovsky. Consumer Systems in Agricultural Economics: Focus on Energy Efficiency and Digital Technology / The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Volume 1. –Springer. – P. 634-641. -2021.

4. Карпов В.Н., Юлдашев З.Ш. Технологическая востребованность и техническое сопровождение увеличения потребления энергии в АПК. Монография. -СПб.: СПбГАУ, 2021. -168 с. ISBN 978-5-85983-359-7.

5. Kabanen T.V., Karpov V.N., Yuldashev Z. Sh., Nemsev A.A., Nemsev I.A. Basic theory and method of managing energy efficiency in consumer systems //Agronomy Research 14(5), 1619-1625, 2016. http://agronomy.emu.ee/category/volume-14/number-5/#abstract-4682_

ЭКСПЕДИТСИЯ ИЛМИИ «ПОМИР – 2023»: ДУРНАМОИ РУШД
Ф.Шокир, Қ.М.Азизшоев, Ш.Х.Ҳомидзода, А.Н.Лақаев, Х.А.Қадамалиев
Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, ш.Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон
E-mail: azizshoev_q@mail.ru

Аз нуқтаи назари олимони соҳаи физикаи зарраҳои элементарӣ астроиклими Помир яке аз нодиртарин имконияти инсоният дар омӯзиши хосиятҳои бунёдии табиат ба ҳисоб меравад. Ҳанӯз аз давраи Иттиҳоди Шуравӣ Помири Шарқиро – биёбони баландкӯх меномиданд. Зеро тибқи маълумоти расмӣ, дар минтақаҳои баландкӯҳи водиҳои фарроҳи кӯҳҳои Помири Шарқӣ сатҳи боришоти миёнаи солона тақрибан 60 мм буда, дар фасли тобистон хеле паст аст (моҳҳои июл-август то ба 0 мм). Бо сабаби мавҷудияти хусусиятҳои хоси динамикаи атмосферии минтақаи Помир боришоти асосӣ дар қисматҳои ғарбӣ ва ҷанубу ғарбии он ба вучуд омада, атмосфераи қисмати шарқии Помир бештар хушк (дар сояи боришотӣ) мемонад. Дар маводи мазкур натиҷаҳои аввалини таҳқиқоти дар раванди Экспедитсияи илмӣ “Помир-2023” иҷрошуда оварда шудаанд.

Яке аз сабабҳои иқлими хушки Помири Шарқӣ қаторкӯҳҳои меридионалӣ мебошад, ки дар ҳудуди Помиру-Олой селҳои намноки ҳавоии қабатҳои баланди атмосфериро ба худ мегиранд, ки дар илм ҳамчун – эффекти боздоштани боришот низ маълум аст. Ҳамчунин бояд зикр намуд, ки водиҳои баландкӯҳи Помири Шарқӣ дар миқёси Иттиҳоди Шуравӣ ҳамчун хушктарин минтақа шинохта шудаанд, ки барои гузаронидани таҷрибаҳои илмӣ таҳқиқи нурҳои кайҳонӣ ва мушоҳидаҳои ҳодисаҳои кайҳонӣ астроиклими нодирро пешниҳод менамоянд.

Ёдрас мешавем, ки соли 1975 дар мавзеи Ақ-Архари н.Мурғоби ВМКБ камераи рентгено-эмулсионии масоҳаташ 1000м² бунёд гардид ва то интиҳои фаъолияти ИҶШС бо бақайдгирии заррачаҳои энергияшон фавқулбаланд физикаи ядроии Тоҷикистон ба сатҳи байналхалқӣ баромад. Солҳои 1990-1992 муайян гардид, ки дар истгоҳи илмӣ баландкӯҳи Ақ-Архар (соли бунёд – 1975) сели заррачаҳо (супероилаи «Тоҷикистон») бо энергияи таъсироти мутақобила дар сатҳи 10¹⁸ эВ ба қайд гирифта шуд (30 сол қабл аз кори Коллайдери калони адронӣ ва садҳо ҳазор маротиба баландтар аз энергияҳои зарраҳои он). Падидаи мазкур дар таҷрибаи ҷаҳонӣ то ҳоло ҳамчун энергияи баландтарини таъсироти мутақобилаи заррачаҳо ба ҳисоб меравад, ки тариқи камераҳои рентгено-эмулсионӣ ба қайд гирифта шудааст.

Моҳи августи соли чорӣ гурӯҳи олимону муҳандисони Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон (АМИТ), ки ҳайати онро аъъанавӣ муҳаққиқони Институти физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови АМИТ (ИФТ) ва Маркази байналмилалалии илмӣ-таҳқиқотии Помир-Чақалтой (МБИТ ПЧ) ташкил медиҳанд, ба экспедитсияи илмӣ ба пойгоҳҳои илмӣ баландкӯҳи бақайдгирӣ ва таҳқиқи нурҳои кайҳонии ноҳияи Мурғоби ВМКБ барои гузаронидани таҳқиқот дар экспедитсияи илмӣ “Помир-2023” иштирок намуданд.

Мақсади асосии экспедитсияи илмӣ мазкур дар асоси имкониятҳои ҷорӣ аз гузаронидани мониторинги радиатсионии маҳал (ченкунии гамма-афканишот, назорати афканишоти нейтронӣ ва таҳлили спектрометрии намунаҳои хоку оби мавзёҳои истгоҳҳои илмӣ) ва ҳамчунин омода намудани маълумотҳо барои таҳияи лоиҳаи пойгоҳи муосири бақайдгирӣ ва таҳқиқи нурҳои кайҳонӣ иборат буд.

Экспедитсияи соли ҷорӣ 9-умин чорабинии АМИТ дар ин соҳа мебошад, ки дар пойгоҳҳои илмӣ баландкӯҳи бақайдгирӣ ва таҳқиқи нурҳои кайҳонии мавзеи Ак-Архар (истгоҳ дар баландии 4360 м а.с.б., ки дар он солҳои 70-90-уми асри гузашта бо технологияи камераҳои рентгено-эмулсионӣ натиҷаҳои ҷаҳонӣ ба даст оварда шудаанд), мавзеи Колучкул (истгоҳи нави бунёдшудаистода, дар баландии 4280 м а.с.б.) ва мавзеи Чечектӣ (истгоҳи солҳои 30-40-уми асри гузашта бунёдшуда, дар баландии 3800 м а.с.б.) таҳқиқот гузарониданд.

Истгоҳи илмӣ баландкӯҳи асосии экспедитсияи “Помир-2023”, ки дар он соли ҷорӣ таҳқиқоти асосӣ гузаронида шуд, истгоҳи мавзеи Колучкул мебошад (4280 м а.с.б.). Дар ин ҷо аз ҷониби гурӯҳи экспедитсионӣ аз ҷумла пасманзари радиатсионии мавзё (интенсивияти гамма-афканишот ва назорати мавҷудияти афканишоти нейтронӣ) дар зиёда аз 30 нукта, то баландии тақрибан 4400 метр муайян карда шуда, аз ҷумла коррелятсияи нишондиҳандаҳо бо маълумоти 5 соли қаблӣ [5] муайян карда шуд (Ҷадвали 1).

Ҷадвали 1. Коррелятсияи пасманзари радиатсионии мавзеи Ак-Архар дар солҳои 2019 ва 2023

№	Баландӣ аз сатҳи баҳр (метр а.с.б.)	Гамма-квантҳои афканишот – 2019с. (мкЗв/соат)**	Гамма-квантҳои афканишот – 2023с. (мкЗв/соат)**	Коррелятсия (2019/2023) (мкЗв/соат)
1.	4282	0.20/15%	0.18/11%	0,02
2.	4281	0.18/11%	0.19/10%	-0,01
3.	4280	0.23/13%	0.25/9%	-0,02
4.	4282	0.32/11%	0.30/13%	0,02
5.	4280	0.25/5%	0.28/14%	-0,03
6.	4273	0.28/9%	0.29/15%	-0,01
7.	4278	0.27/10%	0.25/14%	0,02
8.	4266	0.21/12%	0.20/12%	0,01
9.	4268	0.27/14%	0.27/10%	0
10.	4267	0.25/13%	0.24/13%	0,01
11.	4267	0.21/11%	0.20/11%	0,01
12.	4271	0.26/16%	0.25/16%	0,01
13.	4284	0.26/15%	0.29/15%	-0,03
14.	4280	0.27/12%	0.28/14%	-0,01
15.	4292	0.23/11%	0.19/13%	0,04
16.	4293	0.20/13%	0.21/15%	-0,01
17.	4255	0.21/12%	0.21/16%	0
18.	4269	0.16/15%	0.19/10%	-0,03
19.	4267	0.32/18%	0.30/16%	0,02
20.	4265	0.28/17%	0.30/15%	-0,02
21.	4274	0.19/5%	0.17/14%	0,02
22.	4281	0.29/19%	0.27/10%	0,02

23.	4300	0.29/14%	0.26/15%	0,03
24.	4289	0.28/15%	0.22/14%	0,06
25.	4312	0.27/18%	0.28/16%	-0,01
26.	4300	0.19/10%	0.18/12%	0,01
27.	4296	0.20/10%	0.21/11%	-0,01
28.	4292	0.16/11%	0.18/9%	-0,02
29.	4285	0.23/12%	0.25/9%	-0,02
30.	4284	0.21/11%	0.23/12%	-0,02
31.	4309	0.23/15%	0.20/13%	0,03
32.	4330	0.19/10%	0.17/11%	0,02
33.	4302	0.20/10%	0.24/14%	-0,04
34.	4310	0.20/9%	0.25/11%	-0,05
35.	4363	0.22/8%	0.24/16%	-0,02
36.	4287	0.18/10%	0.18/8%	0

Ҳамчунин, дар экспедитсияи мазкур намунаҳои репрезентативии оби дарёҳои кишвар, ки дар масири экспедитсия буданд барои таҳлил гирифта шуданд (Ҷадвали 2).

Ҷадвали 2. Пасманзари радиатсионӣ дар нуқтаҳои соҳили дарёҳои масири экспедитсия дар соли 2023

№	Сана	Вақт	Баландӣ аз сатҳи баҳр (метр)	Гамма-квантҳои афканишот (мкЗв/соат)	ЭЗОҲ
1.	11.08.23	14:20	4452	0,19/16%	Ак-Архар
2.	12.08.23	13:35	3805	0,19/16%	Чечектӣ
3.	15.08.23	09:00	4285	0,27/18%	Колучкул
4.	19.08.23	19:30	3525	0,21/12%	Чашмаи д. Челондӣ
5.	19.08.23	19:40	3525	0,21/12%	Гармчашмаи д. Челондӣ
6.	20.08.23	13:00	2000	0.09/14%	Дарёи Панҷ д.Пастбачув

Барои таҳлили гамма-афканишот ва афканишоти нейтронӣ дозиметри навъи ИСП-PM1401K-01A ширкати “Полимастер”-и Белоруссия ва дозиметри BICRON Micro Sievert-и ширкати BICRON-NE-и истеҳсоли ИМА истифода бурда шуданд. Дозиметри ИСП-PM1401K-01A барои ченкунии тавоноии эквиваленти амбиентии меъёр (ЭАМ) афканишоти гамма- ва рентгенӣ (фотонӣ) аз рӯи ^{137}Cs -и афканишоти коллимиронишуда пешбинӣ шудааст. Барои дақиқ мӯйян намудани координатаҳои географии нуқтаҳои таҳқиқшавандаи мавзёҳо GPS-навигаторҳои муосири Oregon 600 истеҳсоли ширкати амрикоии Garmin Ltd. истифода бурда шуданд, ки яке аз таҷҳизотҳои муътамад ва дақиқи соҳа ҳисобида мешаванд.

Бояд қайд намоем, ки таҳқиқи радиофаълонокӣ ҳамчун афканишоти баъзе аз ядроҳои ҳастаҳо ва худӣ афканишот ҳамчун афканишоти ионизатсиякунанда ҳодисаи табиӣ буда, микдори муайяни он дар ҳама муҳит ва ҳатто дохили организми одам мавҷуд мебошад. Яъне афканишоти ионизатсиякунанда ҳодисаи доимӣ буда, одатан ҳамчун пасманзари радиатсионии муҳити атроф номбар карда мешавад. Афканишоти ионизатсиякунанда ва моддаҳои радиофаълонок дар соҳаҳои гуногун ба таври самаранок истифода мешавад – аз

истеҳсоли энергия то истифодабарӣ дар тиб, саноат ва хоҷагии халқ. Мухимият ин масъала дар он аст, ки дар вақти истифодабарӣ ва умуман дар раванди корҳо хавфи радиофаълноки нисбати кормандон, аҳоли ва муҳити атроф бояд ҳатман баҳо дода шуда, назорат карда шавад. Зеро таъсири радиатсионӣ аз ҷониби ягон узви ҳиссиётии инсон дарк карда намешавад.

Таҳлилҳо нишон доданд, ки пасманзари радиатсионӣ дар мавзӯҳои таҳқиқшуда бештар дар фосилаи 0.18 – 0.30 мкЗв/соат буда, ба талаботҳои бехатарии Ташкилоти Умумичаҳонии Саломатӣ нисбати пасманзари радиатсионӣ ҷавобгӯ аст.

Адабиёт

1. Дарчия Ш.П. Об астрономическом климате СССР. – М.: Наука, 1985, 179 с.
2. И.Бободжанов. Эксперимент “Памир”. – Душанбе: Дониш, 2008, 41 с.
3. Engel R., Heck D., Pierog T. Extensive air showers and hadronic interactions at high energy. – Ann. Rev. Nucl. Part. Sci., 2011, v.61, pp. 467–489. DOI: 10.1146/annurev.nucl.012809.104544.
4. Di Sciascio G. The LHAASO experiment: from Gamma-Ray Astronomy to Cosmic Rays. – Nuc. Phys. B Proceed. Suppl., 2019, pp. 1–8.
5. Ф.Раҳими, Х.Х.Муминов, Ф.Ш.Шокиров и др. Экспедиция Памир – 2019 // Известия АН Республики Таджикистан. 2019, №3(176), с. 12-19.

КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОТДАЧИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ТИПА ДЮРАЛЮМИН $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$ С КАЛЬЦИЕМ

¹Ганиев И.Н., ¹ Саидова Ф. Р., ¹Худойбердизода С.У.,

¹Савдуллоева С.С., ² Аминова Н.А.

¹ГНУ «Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана», Республика Таджикистан, 734063 г. Душанбе, пр. С Айни 299/2
²ГУ «Центр по исследованию инновационных технологий Национальной академии наук Таджикистана», Республика Таджикистан, 734063 г. Душанбе, пр. С Айни 299/3
E-mail: ganievizatullo48@gmail.com

Практическое значение исследований теплоотдачи важно для расчётов энергетических балансов процессов в химических реакторах и других аппаратах химического производства, а также для выбора оптимальных теплоносителей. Экспериментальное измерение теплоотдачи для разных интервалов температур - от предельно низких до высоких - является основным методом определения термодинамических свойств веществ [1].

Коэффициент теплоотдачи α – характеризует интенсивность теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой. Коэффициент α показывает, какое количество тепла передаётся от единицы поверхности стенки к жидкости в единицу времени при разности температур между стенкой и жидкостью в 1 градус (К). Коэффициент теплопередачи показывает, какое количество теплоты переходит в единицу времени от более нагретого к менее нагретому теплоносителю через 1 м² теплообменной поверхности при разности температур между теплоносителями 1К [2].

Сплав дюралюминий применяется в авиастроении, при производстве скоростных поездов (например, поездов Синкансэн) и во многих других отраслях машиностроения (так как отличается существенно большей прочностью, чем чистый алюминий). Сплав дюралюминия часто используется в авиастроении наряду с алюминием. Также применяется

в производстве скоростных поездов при обшивке вагонов, а также во многих других отраслях машиностроения.

По сравнению с чистым алюминием, дюраль - более прочный металл, так как он обладает большей твердостью. Легкий сплав используется при изготовлении самолётов и создании корпусов других летательных аппаратов – дирижаблей или ракет. С течением времени состав дюралюминия совершенствовался, появились новые виды сплавов. Они различаются между собой, как составом примесей, так и способом обработки. [3].

Методика получения образцов для исследования теплоотдачи алюминиевого сплава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$ с кальцием типа дуралюмин. Из полученных сплавов для исследования теплоотдачи отливались цилиндрические образцы диаметром 16 мм, длиной 30 мм, в графитовую изложницу заданной формы. Состав полученных сплавов контролировалось взвешиванием шихты и полученных сплавов. В случае отклонения массы образцов более чем на 2% синтез сплавов проводился заново [4].

Цель настоящей работы является изучение влияния добавки кальция на коэффициент теплоотдачи алюминиевого сплава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$. Для определения значения теплоотдачи, в качестве эталона использовали образцы из алюминия марка А5N. По экспериментально полученным значениям теплоотдачи сплавов, провели расчёт теплоотдачи α (Т) ($Вт/(К \cdot м^2)$) алюминиевого сплава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$ с кальцием по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{C_p^0 m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0) \cdot S}$$

Зависимость теплоотдачи алюминиевого сплава $AlMg5.5Li2.1Zr0.15$, с кальцием от температуры представлена на формуле.

$$C_p = \alpha + b$$

Установлено, что коэффициент теплоотдачи зависит от многих факторов: вида и режима движения жидкости, её физических свойств, размеров и формы стенки, шероховатости стенки. Определение α является основной задачей расчёта теплообменных аппаратов. Обычно коэффициент теплоотдачи определяют из критериальных уравнений, полученных преобразованием дифференциальных уравнений гидродинамики и конвективного теплообмена методами теории подобия. [5]

Список литературы

1. Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Ходжаев Ф.К., Одиназода Х.О. Влияние добавок калия на анодную устойчивость свинцового баббита БК ($PbSb15Sn10K$) // Вестник Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2022. №1, С. 52-63.
2. Ходжаназаров Х.М., Ганиев И.Н., Ходжаев Ф.К. Потенциодинамическое исследование свинцового баббита БК ($PbSb15Sn10K$) с калием в среде электролита 3%-ного $NaCl$ // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2022. №1, С.86-92.
3. Фридляндер И.Н. *Алюминиевые деформируемые конструкционные сплавы.* - М.: Металлургия, 1979- 207 с.
4. Луц А.Р., Суслина А.А. *Алюминий и его сплавы.* - Самара: Самарский государственный технический университет. 2013. С. 81-84.
5. Фридляндера И.Н. *Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение.)* Справочник // под общей редакцией Киев: Коминтех. 2005. 365 с.

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНО-ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО ПОЛЯ

Рахимова У.Дж.

Старший преподаватель кафедры Информационно-коммуникационных технологий и программирования ТГУПБП. Таджикистан

E-mail: rakhimova0508@mail.ru

Нематические жидкие кристаллы (НЖК) привлекают внимание исследователей не настолько благодаря их использование в мониторах компьютеров и экраны плоских телевизоров, насколько в оптоэлектронике и фотонике для управления оптическим излучением. Тем не менее, в обоих случаях главным недостатком жидких кристаллов (ЖК) остается их высокие реологические свойства. Поэтому вопрос создания композиционных материалов, сохраняющих оптические и электрооптические свойства ЖК без учета их реологических свойств, несмотря на многочисленные научные достижения в данном направлении, все еще остается в младенческом состоянии. Один из вариантов решения данного вопроса считается формирование жидкокристаллических композитов на основе линейной полимерной матрицы, в объеме и на поверхность, которого внедряются микроскопических размеров капли НЖК [1]. За счет многообразия размера и форм капли НЖК в объеме полимера ориентация директора (преимущественная ориентация молекул жидкого кристалла вдоль конкретной оси) в каждой микроскопической области будут разными, в результате данный композит сильно рассеивает световое излучение, падающей перпендикулярно к поверхности пленки [2]. Под влиянием внешнего поля (электрическое, магнитное, световое, механическое) происходит быстрое переориентация директора и внутри капель формируется биполярная конфигурация, способствующее пропускание светового излучения.

Целью данной работы является теоретико-экспериментальным способом определить предельного напряжения (U_F), а также выяснить характер зависимости времени включения (τ_{on}) и выключения (τ_{off}) электрооптического эффекта под действием управляющего электрического полимерно-жидкокристаллического композита.

Для изготовления композитов применяли нематического жидкого кристалла (НЖК) 4-п-пентил-4'-цианобифенил (5CB) из серии алкил-цианобифенилов. Данный объект имеет следующую последовательность фазовых переходов: Кр(-65°C) - ЖК(22,5°C) - ИЖ(35,5°C). При комнатной температуре ($T=22^\circ\text{C}$) и длины волны $\lambda=0,633$ мкм величины показателя преломления НЖК 5CB для обыкновенного и необыкновенного светового излучения равны соответственно $n_{||}=1.717$ и $n_{\perp}=1.531$ [3]. Полимерным связующим служил линейный поливиниловый спирт (ПВС) с величиной показателя преломления $n_p=[1.49-1.53]$ в зависимости от мономерного звена при той же температуры, как и в случае с 5CB [3]. Это позволяло удовлетворять условию $n_{\perp} \approx n_p$.

Измерения электрооптических параметров, а также изменения структуры капель нематика в полимерно-жидкокристаллическом композите проводили по стандартной схеме [4]. Обнаружили, что после охлаждения смеси композита до комнатной температуры ($T=23^\circ\text{C}$) раствор становится мутным, что свидетельствует о появлении неоднородной текстуры НЖК 5CB при переходе от кристаллической фазы в нематическую. Под действием внешнего управляющего поля, которая направлена ортогонально плоскости

пленки исследуемого композита, форма и размеры рассеивающих участков сокращаются. Тем самым, в структуре пленки формируется однородная гомеотропная ориентация молекул НЖК 5СВ. Поскольку анизотропия диэлектрической проницаемости (ϵ_a) исследуемые нами НЖК 5СВ положительна, т.е. $\epsilon_a > 0$, то управляющее электрическое поле способствует переориентацию молекул НЖК вдоль напряженности поля (E).

Из полученных экспериментальных результатов определили пропускание светового излучения по формуле

$$T = \frac{I_{\max}}{I_0} \quad (1)$$

где I_{\max} – максимальная интенсивность прошедшего излучения для заданного напряжении.

В случае приложении электрического поля к планарному слою НЖК 5СВ, оптический параметр разности фаз ($\Delta\varphi$) для обыкновенного и необыкновенного светового излучения от времени будет уменьшаться степенным законом:

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_{\text{off}}}\right) \quad (2)$$

здесь τ_{off} – время включения, которая определяется по следующей формуле:

$$\tau_{\text{off}} = \frac{4\pi\gamma_1 \cdot d^2}{\epsilon_a (U^2 - U_F^2)} \quad (3)$$

где γ_1 – вращательная вязкость; d – толщина композитной пленки; U_F – пороговое напряжение Фредерикса.

В процессе расчета мы предполагали, что интенсивность рассеянного светового излучения при прохождении через слой композита, будет зависеть от времени по формуле (3). Однако экспериментальные данные, рассчитанные по формуле (1) не подтвердили нашу гипотезу. Следовательно, нарушенная ориентация длинных молекул НЖК 5СВ в результате приготовления пленочных композитов из смеси способствует, чтобы директор нематика ориентировался под определенным начальным углом наклона α относительно плоскости слоя. С учетом вышеизложенного, уравнению движения директора под действием управляющего электрического поля записываем в виде:

$$\gamma_1 \frac{\partial\theta}{\partial t} = K \frac{\partial^2\theta}{\partial z^2} + \frac{\epsilon_a E^2}{8\pi} \cdot \sin 2(\alpha + \theta) \quad (4)$$

здесь θ – угол поворота директора относительно напряженности поля; K – константа упругости НЖК 5СВ (постоянная Юнга); E – напряженность электрического поля. Для удобства расчета, можно не учитывать взаимодействие капли нематика с пограничными слоями полимерной матрицы, соответственно, учитывая обратной пропорциональности энергии сцепления с коэффициентом упругости ($W=1/K$), можно переписать уравнения (4) в более упрощенном виде:

$$\gamma_1 \frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{\epsilon_a E^2}{8\pi} \cdot \sin 2(\alpha + \theta) \quad (5)$$

которое легко интегрируется. С учетом начальных условий $\theta=0$ при $t=0$ решению уравнению (5) можно записать в окончательном виде

$$\theta = \arctg\left(\exp\left(\frac{t}{\tau_{\text{on}}}\right) \cdot \tg\alpha\right) - \alpha \quad (6)$$

где

$$\tau_{on} = \frac{4\pi\gamma_1 d^2}{\varepsilon_a U^2} \quad (7)$$

называется временем включения.

Сравнивая уравнений (3) и (7), видим, что для величины времени включения отсутствует пороговое напряжение Фредерикса, следовательно, процесс переориентации директора является беспороговым. Поскольку задача управления рассеяния светового излучения с помощью электрического поля для полимерно-жидкокристаллических композитов чрезмерно сложна [5], поэтому с учетом формулы (2) и (6) для интенсивности падающего светового излучения запишем следующее уравнение:

$$I = C_1 \frac{2}{\pi} \arctg \left(C_2 \exp \left(\frac{t}{\tau_{off1}} \right) \right) + C_3 \left(1 - \exp \left(-\frac{t}{\tau_{off2}} \right) \right) \quad (8)$$

здесь C_1 , C_2 , C_3 – физические параметры, необходимые для сравнения функции (6) с экспериментальными результатами. Расчетные данные показали, что при минимальных значениях электрического напряжения наблюдается только одно время включения – $\tau_{off,1}$, а при больших значениях напряжения, их становится два: $\tau_{off,1}$ и $\tau_{off,2}$.

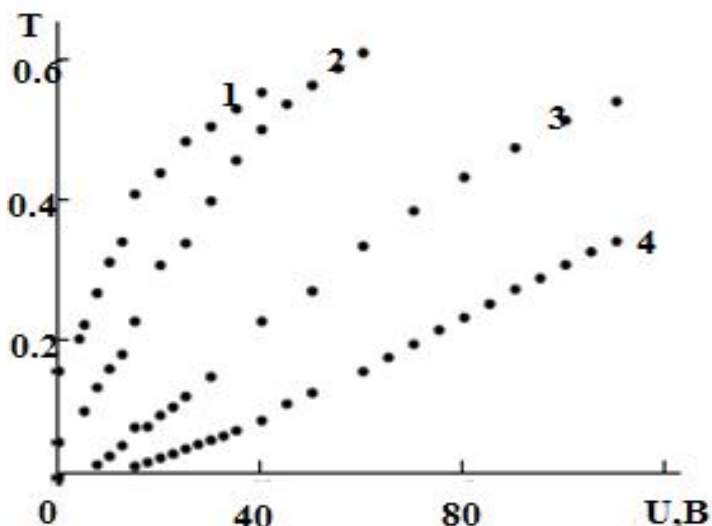


Рис. 1 Зависимость светопропускания T от приложенного напряжения U для композитных пленок толщиной 10 (1), 20 (2), 35 (3) и 50 мкм (4)

Результаты численного расчета полученных данных, иллюстрированы на рис. 1 в виде зависимости пропускания T светового излучения от приложенного электрического напряжения U для композитных полимерных пленок с содержанием НЖК 5СВ. Как видно, что с уменьшением толщины композитной пленки, величина светопропускание (T) уменьшается. Данный экспериментальный факт свидетельствует об уменьшении количества рассеивающих областей в тонкой пленке. С другой стороны, с ростом величины электрического напряжения значение светопропускания (T) пленок переходит к стадии насыщения. Соответственно, оба времени включения также уменьшаются при увеличении напряжения и далее переходят на насыщения. Данное обстоятельство согласуется с тем, что слагаемое, связанное с $\tau_{off,1}$ в уравнении (8) свидетельствует о наклонной ориентации директора в нематическом слое. Сопоставительный анализ экспериментальных данных с расчетными результатами по формуле (3) показали, что пороговое напряжение имеет значение $U_F = 6,2$ В, а коэффициент пропорциональности $6,4 \cdot 10^{-4} \text{мс}^{-1} \cdot \text{В}^{-1}$. Если учесть, что в [6] были получены следующие числовые значения диэлектрической анизотропии $\varepsilon_a = 10$ и

вращательной вязкости $\gamma_1 = 1$ г/см·с, то с учетом толщины композитной пленки для нашего случая $d=40$ мкм, мы получили значения $4.4 \cdot 10^{-4}$ мс⁻¹·В⁻¹. Это свидетельствует о хорошем совпадении полученных экспериментальных и расчетных результатов.

Таким образом, характер светопропускания композитных пленок при действии управляющего электрического поля двойное – пороговый и беспороговый. Следовательно, в исследованном нами композите имеет место двух областей НЖК, одна из которых ориентирована планарно, а другая имеет некоторый угол наклона с плоскостью нематического слоя, проявляющий в результате действия электрического поля.

Литература

1. Drzaic P.S. Liquid Crystal Dispersions. Singapore: World Science, 1995 –346 p.
2. Прищепа О.О., Бурина А.В., Крахалев М.Н., Лойко В.А., Зырянов В.Я. Анизотропия рассеяния света в одноосно вытянутых пленках капсулированного полимером нематического жидкого кристалла. //Известия РАН, Серия физическая. 2017. Т.81. №5. – с.656-659
3. Зырянов В.Я., Эпштейн В.Ш. Измерение показателей преломления жидкого кристалла с использованием перестраиваемого источника когерентного инфракрасного излучения. //Приборы и техника эксперимента. 1987, №2. –с.164-168
4. Sutormin V.S., Krachalev M.N., Prishchepa O.O., Zyryanov V.Ya. Electrically induced anchoring transition in nematics with small zero dielectric anisotropy. //Liquid Crystals, 2017, V. 44, №3 – p. 577-581
5. Wu P.C., Chen H.L., Lee W., Rudacova N.V., Timofeev I.V., Zyryanov V.Ya. Electro-optical and dielectric properties of polymer stabilized blue phase liquid crystal impregnated with a fluorine-containing compound. //J. Molec. Liquids. 2018. V.167. – p.138-143.

ФОНОННЫЕ МОДЫ В СПИН-ПАЙЕРЛСОВСКИХ МОДЕЛЯХ

Ф.Шокир, Т.А.Тошов

*Физико-технический институт им. С.У.Умарова Национальной академии наук
Таджикистана, Душанбе, Таджикистан
E-mail: tuichi@mail.ru*

Одномерные магнитные системы являются неустойчивыми по отношению к спин-решеточному взаимодействию. При определенных конечных температурах происходит фазовый переход в димеризованное (уединённые пары ионов), или спин-Пайерлсовское (СП), состояние, магнитная структура которого характеризуется наличием энергетической щели между основным синглетным состоянием и триплетными возбуждениями [1]. При этом происходит переход спиновой цепочки в состояние с удвоенным периодом. Модель СП – переход с состояние антипараллельного упорядочения спинов соседних атомов является важной одномерной моделью магнитных систем, описывающая нестабильность решетки регулярной антиферромагнитной цепочки по направлению к димеризованному спин-синглетному (нулевая проекция суммарного магнитного момента) основному состоянию (фазовый переход второго рода для цепочки спинов $S = 1/2$) при низких температурах, где нестабильность возникает вследствие связи между магнитными моментами и трехмерными фононами.

Напомним, что интерес исследователей к данной теме был привлечен в связи с открытием первого неорганического материала, метагерманата меди CuGeO_3 [2] – одномерной цепочки спинов $S = 1/2$, в котором было произведено измерение магнитной восприимчивости данного монокристалла (Рис. 1).

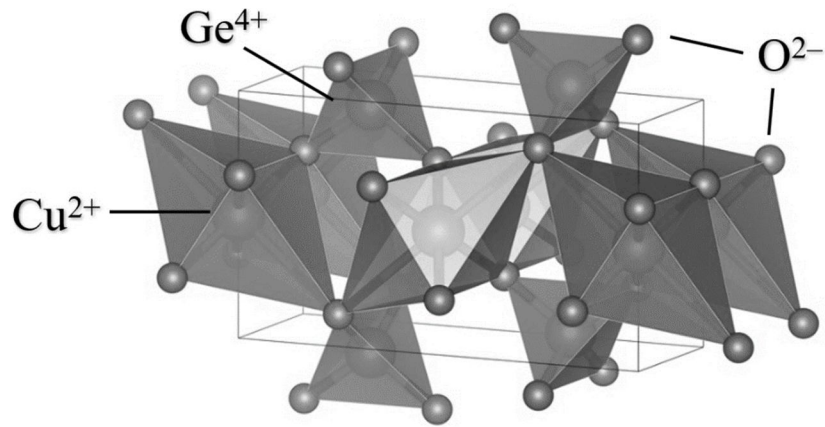


Рис. 1. Метагерманат меди CuGeO_3 .

Было обнаружено, что магнитная восприимчивость резко уменьшается во всех направлениях до малых постоянных значений с понижением температуры ниже температуры фазового перехода – равное примерно 14К, благодаря спин-фононному взаимодействию. Таким образом, при СП переходе антиферромагнетик, такой как CuGeO_3 , становится спин-синглетным немагнитным (димеризация), ниже некоторой критической температуры T_{SP} . Полученные в работе [2] результаты, количественно согласуются как с теоретическими предсказаниями, так и с экспериментальными результатами для органических СП систем, и таким образом, являются первым фактом установления существования СП перехода в неорганическом соединении.

При этом, необходимо отметить, что неорганическая природа CuGeO_3 позволяет контролируемым образом легировать примеси и, таким образом, дает первую возможность изучить легированных СП систем.

Применяют несколько видов допинга, в том числе – изменение спинов некоторых узлов (подавление СП состояний); изменение некоторых связей между двумя соседними узлами (усиление Нееловских состояний). В ряде экспериментальных исследований проводилась также замена ионов меди другими магнитными и немагнитными ионами [2], где было, в частности, показано, что, изменяя количество вводимой примеси, можно управлять температурой СП фазового перехода. В работе [3] экспериментальными методами, путём рентгено-структурного анализа было показано, что при подключении внешнего магнитного поля одномерное димеризованное состояние переходит в нарушенное, характеризующееся наличием доменной структуры, где домены с различными знаками димеризации отделены друг от друга топологическими локализованными структурами в виде изгибов (кинк). Напомним, что существуют особые устойчивые локализованные (солитонные) решения, описывающие такие неоднородные полевые состояния, которых никакими конечными деформациями невозможно свести к основному. Таким решениям отвечают топологические солитоны, в том числе – доменные стенки (кинки), описывающие возмущения поля с двумя (или более) основными состояниями, разделенными потенциальным барьером (Рис. 2) [4].

Напомним, что простейшая модель для рассмотрения СП перехода представляет собой одномерный антиферромагнетик Гейзенберга со спином $S = 1/2$

$$H = \sum_l J(l, l+1) S_l \cdot S_{l+1} + \frac{K}{2} (U_l - U_{l+1})^2, \quad (1)$$

$$J(l, l+1) = J \left[1 + \frac{\lambda}{a} (U_l - U_{l+1}) \right],$$

где U_l — смещение решетки узла l , а обменное взаимодействие J предполагается только между соседними узлами, λ — безразмерный параметр [5].

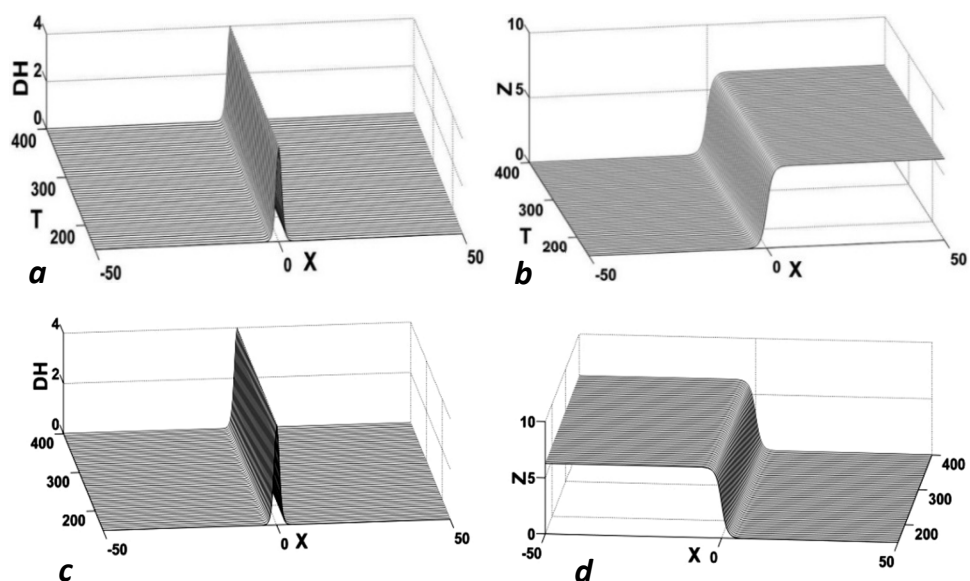


Рис. 2. Локализованные топологические решения в виде кинк (a, b) и антикинк (c, d): **a, c** — плотность энергии; **b, d** — решение в виде кинк (антикинк) $z(x, t)$. Область моделирования (1D): $x \in [-50.0, 50.0]$, время: $T \in [150.0, 400.0]$.

Таким образом, СП фазовый переход является магнитным аналогом перехода Пайерлса для одномерного металла. При СП неустойчивости антиферромагнитная цепочка со спином $S = 1/2$, связанная с оптическими фононами, создает спиновую щель за счет статической деформации (или димеризации) решетки при $T \rightarrow 0$. Для системы, состоящей из массива спиновых цепочек, связанных с трехмерными фононами, димеризованная фаза может сохраняться при $T \in (0, T_{SP})$, где T_{SP} — температура СП перехода.

Современные методы исследования [6] СП фазового перехода открывают новые перспективы в качестве эффективного механизма для исследования квантовых явлений, возникающих вследствие спин-решеточных взаимодействий. В частности, квантовые точки, расположенные вдоль нанотрубки, представляют собой платформу для квантового моделирования, непосредственно учитывающая электрон-фононное взаимодействие.

Литература

1. Х.Х.Муминов, Ф.Х.Хакимов, Т.А.Тошев, Д.Ю.Чистяков. Солитоны в нарушенной димеризованной фазе спин-Пайерлсовского магнетика // ДАН РТ, 2003, т.49, №3, с.55-59.
2. M. Hase, I. Terasaki, and K. Uchinokura. Observation of the spin-Peierls transition in linear Cu^{2+} (spin-1/2) chains in an inorganic compound CuGeO_3 // Phys. Rev. Lett. 1993, 70, 3651.
3. S. Haas, E. Dagotto. Predictions for Neutron Scattering and Photoemission Experiments on CuGeO_3 // Phys. Rev. B., 1995, v.52, p.14396-14399.
4. Муминов Х.Х., Шокиров Ф.Ш. Математическое моделирование нелинейных динамических систем квантовой теории поля: монография. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017, 375 с.
5. H. Fukuyama. Theory of spin-Peierls transition // Synthetic Metals, 19 (1987) 63-68.
6. Zhang, L., Bhattacharya, U., Bachtold, A. et al. Steady-state Peierls transition in nanotube quantum simulator // npj Quantum Inf 9, 7 (2023).

РАЗДЕЛЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ ПО МАССАМ В ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 100 ПЭВ-1ЭЭВ С ПОМОЩЬЮ МЮОННОГО ТРЕККЕРА ДЛЯ ВЫСОКОГОРНЫХ УСЛОВИЙ

А.Р.Мукумов

*Физико-технический институт им. С.У.Умарова Национальной академии наук
Таджикистана, Душанбе, Таджикистан.*

Email: azam.mukimov@mail.ru

Космические лучи падают на Землю с энергиями, охватывающими широкий диапазон от энергий 10^6 эВ до более чем 10^{20} эВ. При энергиях ниже $\approx 10^8$ эВ они ускоряются при энергетических вспышках Солнца. Предполагается, что при более высоких энергиях они возникают в нашей галактике, ускоряясь в остатках сверхновых [1, 2]. Частицы с энергиями выше $\approx 10^{17}$ эВ считаются внегалактическими по происхождению [3]. Астрофизика космических лучей сверхвысоких энергий $>10^{18}$ эВ является важной областью исследований для получения знаний об эволюции и процессах, происходящих во Вселенной. Недавние наблюдения, сделанные телескопами, обнаружили интересные структуры — некоторые пузыри, которые, возможно, являются источниками межгалактических космических лучей с энергиями более 5×10^{18} эВ наряду с другими активными астрономическими объектами: остатками сверхновых, активными ядрами галактик, скоплениями галактик, радиогалактиками, и гамма-всплески. В прошлом предполагалось, что в этой области доминируют протоны, в то время как при энергиях менее $0,1 \times 10^{18}$ эВ галактические космические лучи состоят из смеси ядер.

В то же время астрофизический аспект космических лучей сверхвысоких энергий все еще остается мало изученной областью. Достоверной информации о природе происхождения космических лучей высших энергий нет. Состав первичной частицы является ключевой информацией для понимания этого явления. В последние годы были предприняты большие усилия, чтобы определить это. Определение состава в основном достигается с помощью оптических телескопов, которые измеряют максимальную глубину ливня. В частности, среднее значение X_{\max} , измеренное в различных экспериментах, находится между ожиданиями протона и железа, полученными с использованием современных моделей высокоэнергетического адронного взаимодействия. Существует также несколько параметров состава, которые поступают от наземного детектора, из которых наиболее чувствительным к природе первичного источника является содержание мюонов в ливнях. В общем, состав, полученный на основе параметров, измеренных поверхностными детекторами, несовместим с составом, полученным с помощью X_{\max} . Эти расхождения больше при сверхвысоких энергиях, когда состав, полученный по некоторым параметрам, оказывается выше ожиданий для ядер железа, полученных с использованием современных моделей. Эти несовместимости обычно интерпретируются как дефицит числа мюонов, предсказываемый современными моделями высокоэнергетического адронного взаимодействия.

Важность информации о составе для многих аспектов исследований космических лучей стала более актуальной в последние годы. Это послужило причиной нескольких модернизаций существующих обсерваторий с особым интересом к повышению чувствительности детекторов к массе. Более того, также разрабатывается следующее поколение обсерваторий космических лучей с учетом важности определения массового состава, примером которого является «Памир-XXI». Проект «Памир-XXI» [4-7]

планировался как комплексное исследование первичного космического излучения (ПКИ) в широком диапазоне энергий 30 ТэВ – 1 ЭэВ и характеристик ядерного взаимодействия, не доступных для изучения на ускорителях. Большая высота наблюдения (4250-4260 м над уровнем моря) даёт определенные преимущества для решения астрофизических задач: изучения энергетического спектра и массового состава ПКИ и регистрации γ -квантов сверхвысокой энергии как от точечных, так и от диффузионных источников. Несмотря на то, что статус этого эксперимента на данный момент не определен, разработка методов обработки сигнала и определения первичных параметров первичной частицы продолжается.

Мы попытались найти новую меру первичной массы A на данных гипотетического локального детектора, работающего в составе комплексной установки. Мера выбиралась из параметров формы углового распределения мюонов. Моделирование проводилось с помощью CORSIKA6.990/QGSJET-01 [8] для уровня наблюдения 4250 м над уровнем моря и первичных энергий 100 ПэВ и 1 ЭэВ с энергетическим порогом 1 ГэВ для всех вторичных частиц, в качестве первичных частиц брались протоны и ядра N и Fe. В качестве детектора использовался мюонный треккер площадью $S=400 \text{ м}^2$ с угловым разрешением 0,1-0,2 градуса дуги. Треккер располагается на расстоянии $\geq 100 \text{ м}$ от оси ливня. Столь значительная его площадь нужна для обеспечения приемлемых флуктуаций при измерении углового распределения мюонов в указанном диапазоне расстояний для первичных энергий 100 ПэВ – 1 ЭэВ [9]. Распределение мюонов, проинтегрированное по азимуту φ (рис.1), представляет собой скан мюонной каскадной кривой, которая обязана различаться для ШАЛ от разных первичных ядер.

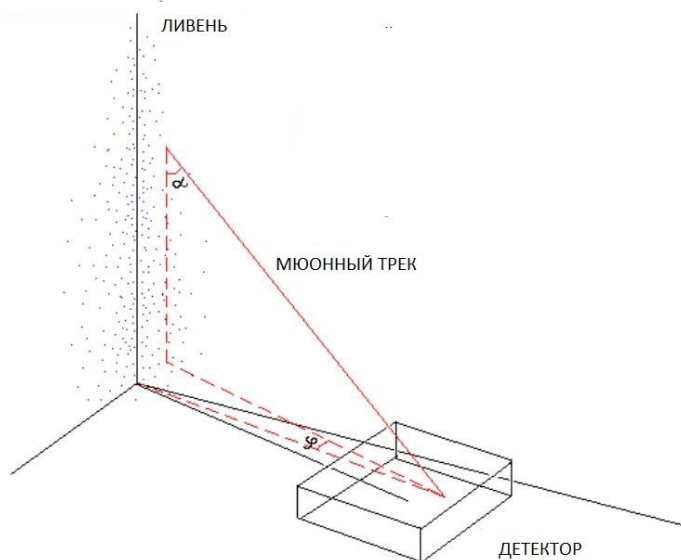


Рис. 1: Геометрия регистрации ШАЛ с помощью мюонного треккера.

Процедура обработки углового распределения мюонов заключается в вычислении интегралов

$$S_i = \int_{-0.2}^{0.2} d\varphi \int_{\alpha_{i_{min}}}^{\alpha_{i_{max}}} F(\alpha, \varphi) d\alpha$$

$i=1,2,3,4$ по бинам гистограммы и использовании их отношений $k_{ij} = S_i/S_j$ в качестве признаков, характеризующих события. Ширина бинов варьируется до получения k_{ij} , дающего наилучшее разделение различных первичных частиц.

Были найдены оптимальные критерии разделения для пар p-N и N-Fe с первичными энергиями 100 ПэВ и 1 ЭэВ для различных R (расстояний от оси ливня до треккера), принадлежащие классу Байесовых классификаторов, минимизирующих вероятность ошибки решения [10]. Оптимальное отношение k_{opt} зависит от пары, E_0 и R. В каждом случае граница между классовыми распределениями значений критерия k_{opt} выбиралась так, чтобы вероятности ошибок классификации (например, $P\{p \rightarrow N\}$ и $P\{N \rightarrow p\}$) были равны. Поэтому Таблица 1 содержит только одно значение вероятности ошибки для каждого сочетания параметров. Найденные оптимальные критерии разделения для пар p-N и N-Fe для модели адронных взаимодействий при высоких энергиях QGSJET01 были проверены на модели QGSJET-II-04. Результаты показывают незначительное ухудшение ошибок классификации для пар p-N и N-Fe для модели QGSJET-II-04.

Таблица 1. Вероятности неправильной классификации для пар p-N и N-Fe, $E_0=100$ ПэВ – 1ЭэВ. Объёмы всех выборок по 200 событий. Ошибки вероятностей всюду ± 0.02 .

E_0		100 ПэВ			1 ЭэВ					
R, м		100	120	150	100	150	200	250	300	400
QGS JET-	p-N	0.34	0.33	0.31	0.35	0.35	0.32	0.35	0.33	0.35
	N-Fe	0.34	0.31	0.31	0.32	0.30	0.33	0.31	0.32	0.32
QGS JET-	p-N	0.39	0.40	0.35	0.33	0.34	0.32	0.32	0.34	0.39
	N-Fe	0.37	0.37	0.38	0.32	0.37	0.34	0.35	0.39	0.39

Литература

1. F. Aharonian et al., *Astron. & Astroph.* 449, 223 (2006)
2. H. Völk, E. Berezhko, *Astron. & Astroph.* 451, 981 (2006)
3. J. Blümer, R. Engel, J.R. Hörandel, *Prog. Part. Nucl. Phys.* 63, 293 (2009)
4. Borisov A.S. and Galkin V.I. // *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2013. 409, No.1. 012089. DOI:10.1088/1742-6596/409/1/012089.
5. В. И. Галкин, А.С. Борисов, Р. Бахромзод, В. В. Батраев, С.З. Латипова, А.Р. Мукумов. Вестник Московского Университета. Серия 3: Физика, Астрономия, 2018, № 2, с.57-64.
6. V.I. Galkin, A.S. Borisov, R. Bakhromzod, V.V. Batraev, S. Latipova and A. Muqumov, *EPJ Web of Conferences* 145, 15004 (2017)
7. N.P. Topchiev, A.S. Borisov, V.V. Batraev, R. Bakhromzod, V.I. Galkin, A.R. Muqumov, *PoS* (2017) 301, 475.
8. Heck D. and Pierog T.. *CORSIKA User's Guide*, (KARLSRUHER INSTITUT FUR TECHNOLOGIE, 2011)
9. Мукумов А. Р., Галкин В.И., Ученые записки физического факультета Московского Университета, № 3, 2018.
10. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов. М., «Наука», 1979.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА AlTi0.1 С БАРИЕМ

¹Ганиев И.Н., ²Зокиров Ф.Ш., ³Файзуллоев Р.Дж., ²Махмадизода М.М.

¹*Институт химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана,*

²*Таджикский технический университет им. М.С. Осими,*

³*Институт энергетики Таджикистана*

E-mail: ganievizatullo48@gmail.com

Все изделия, используемые человеком, способны передавать и сохранять температуру прикасаемого к ним предмета или окружающей среды. Способность отдачи тепла одного тела другому зависит от вида материала через который проходит процесс. Свойства металлов позволяют передавать тепло от одного предмета другому, с определенными изменениями, в зависимости от структуры и размера металлической конструкции [1,2].

Таким образом, для возникновения теплового потока, т.е. процесса теплоотдачи между различными областями пространства необходимо и достаточно, чтобы в этих областях имели место неодинаковые температуры. При этом тепловой поток направлен в сторону меньших температур [3].

Коэффициент теплоотдачи металлов – один из параметров, определяющих их эксплуатационные возможности. Определение коэффициента теплоотдачи металлов играет важную роль в некоторых областях, например в металлургии, радиотехнике, машиностроении, строительстве. В настоящее время существует множество различных методов, с помощью которых можно определить коэффициент теплоотдачи металлов [4].

Настоящая работа посвящена исследованию влияния добавки бария на коэффициент теплоотдачи алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 (Al+0.1 мас.% Ti). В литературе практически отсутствуют экспериментальные данные по коэффициенту теплоотдачи этого сплава. Исследования температурной зависимости коэффициента теплоотдачи алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с барием провели путём измерения теплоёмкости.

Сплавы для исследования были получены в шахтной лабораторной печи сопротивления типа СШОЛ (сопротивление шахтное опытное лабораторное) в интервале температур 800–850°C из алюминия марки А5 (ГОСТ 110669-01), титана марки ТГ-90 (ГОСТ 19807-91) и бария металлического марки БМ-1 (ТУ48-4-465-85). Лигатура алюминия с 2 мас.% титана предварительно изготавливалась в вакуумной печи сопротивления типа СНВ 2.4.2/16. Из полученных далее сплавов в графитовую изложницу отливались цилиндрические образцы диаметром 16 мм и длиной 30 мм.

Алюминиевый проводниковый сплав AlTi0.1 с барием подвергался химическому анализу на содержание основных компонентов и примесей в Центральной заводской лаборатории Алюминиевой компании ГУП “ТалКо”. Содержание бария в сплаве колебалось от 0.01 до 0.5 мас. %. Состав полученных сплавов контролировался также взвешиванием образцов до и после сплавления. В дальнейшем исследованию подвергались сплавы, у которых разница в массе до и после сплавления не превышала 2% (отн.).

Как известно [5], теплоемкость твердых тел в режиме «охлаждения» определяется по уравнению

$$C_{p_2}^0 = C_{p_1}^0 \frac{m_1}{m_2} \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}, \quad (1)$$

где $m_1 = \rho_1 V_1$ – масса эталона, $m_2 = \rho_2 V_2$ – масса исследуемого образца; $(dT/d\tau)_1$, $(dT/d\tau)_2$, – скорости охлаждения эталона и образцов из сплавов при данной температуре. Для определения скорости охлаждения строят кривые охлаждения образцов.

Обработка результатов измерений и построение графиков производились с помощью программ MS Excel и Sigma Plot. Коэффициент корреляции составил $R_{\text{корр.}} > 0.998$, что подтверждает правильность выбора аппроксимирующей функции. Временной интервал фиксации температуры составлял 10 с. Относительная ошибка измерения теплоёмкости в интервале от 40°C до 400°C составляла $\pm 1\%$, а выше 400°C – $\pm 2.5\%$ [6].

Полученные кривые охлаждения образцов из сплавов описываются уравнением вида

$$T = ae^{-b\tau} + pe^{-k\tau}, \quad (2)$$

где a, b, p, k – постоянные для данного образца, τ – время охлаждения.

Результаты исследования температуры охлаждения изучаемых сплавов представлены на рис. 1а. В общем случае полученные графики температуры (Т) от времени охлаждения (τ) для образцов из алюминиевого сплава AlTi0.1 с барием показывают непрерывное уменьшение температуры образцов и эталона по мере их охлаждения. На кривых охлаждения термических эффектов, связанных с фазовым превращением, не обнаружено.

Дифференцируя уравнение (2) по τ , получаем уравнение для скорости охлаждения образцов

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (3)$$

По формуле (3) вычислены скорости охлаждения образцов из сплава AlTi0.1 с барием и эталона. Кривые скорости охлаждения образцов представлены на рис. 1б. Обработкой данных о скорости охлаждения образцов получены значения коэффициентов a, b, p, k, ab, pk в (3), которые приведены в табл. 1.

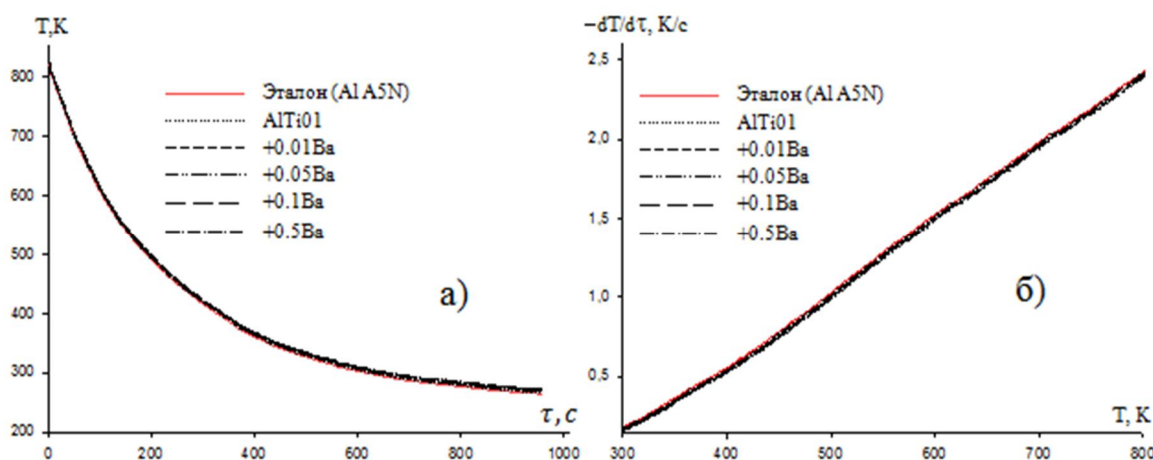


Рисунок 1 - График изменения температуры от времени охлаждения (а) и скорость охлаждения от температуры (б) для образцов из алюминиевого сплава AlTi0.1 (1) с барием, мас. %: 0.01% (2); 0.05% (3); 0.1% (4); 0.5% (5) и эталона (Al A5N)

После проведения полиномиальной регрессии получено следующее общее уравнение для описания температурной зависимости удельной теплоемкости алюминиевого сплава AlTi0.1 с барием

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3. \quad (4)$$

Значения коэффициентов уравнении (4) температурной зависимости теплоёмкости для алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с барием, представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk в уравнении (2) для алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с барием и эталона (Al A5N)

Содержание бария в сплаве, мас. %	a , К	$b \cdot 10^{-3}$, c^{-1}	p , К	$k \cdot 10^4$, c^{-1}	$a \cdot b$, Kc^{-1}	$pk \cdot 10^{-2}$, $K \cdot c^{-1}$
0.0	495,45	4,94	321,62	2,24	2,45	7,20
0.01	495,59	4,94	326,38	2,20	2,45	7,17
0.05	495,13	4,94	327,78	2,21	2,45	7,24
0.1	495,30	4,94	325,39	2,22	2,45	7,22
0.5	495,24	4,94	323,45	2,24	2,45	7,23
Эталон	495,26	4,94	319,82	2,26	2,45	7,24

С использованием значений удельной теплоемкости и скоростей охлаждения образцов вычислен коэффициент теплоотдачи алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с барием по уравнению

$$\alpha_T = \frac{C_p^0 m \frac{dT}{d\tau}}{(T - T_0) S}, \quad (5)$$

где T и T_0 – температуры образца и окружающей среды; S , m – площадь поверхности и масса образца, соответственно.

Таблица 2 - Значения коэффициентов a , b , c , d , в уравнении (4) для алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с барием и эталона (Al A5N)

Содержание бария в сплаве, мас. %	a , Дж/(кг·К)	b , Дж/(кг·К ²)	$c \cdot 10^{-4}$, Дж/(кг·К ³)	$d \cdot 10^{-7}$, Дж/(кг·К ⁴)	Коэффициент Корреляции R ²
0.0	690.11	1.01	-12,7	9,08	0.9999
0.01	698.49	0,98	-12,6	9,06	0.9998
0.05	698.22	0,98	-12,6	9,06	0.9998
0.1	698.76	0,98	-12,6	9,06	0.9998
0.5	695.08	0,98	-12,6	9,06	0.9998
Эталон	690.35	1.01	-12,7	9,13	1,0

На рисунке 2 приведены результаты расчета коэффициента теплоотдачи алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с барием, в зависимости от температуры. Видно, что добавка бария уменьшает коэффициент теплоотдачи алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1, а от температуры наблюдается обратная зависимость.

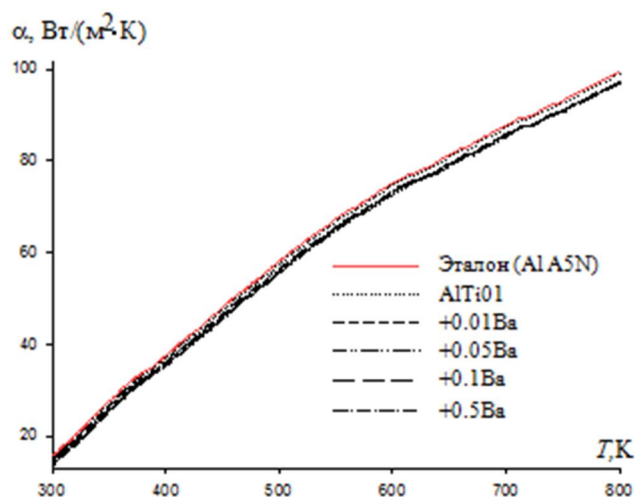


Рисунок 3 - Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с барием и эталона (Al A5N)

Таким образом в режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из алюминия (марки Al A5N) установлен коэффициент теплоотдачи алюминиевого проводникового сплава AlTi0.1 с барием. Показано, что с ростом содержания бария в сплаве коэффициент теплоотдачи уменьшается, а от температуры растёт.

Список литературы

1. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. Основы технической теплофизики. М.: Машиностроение-1, 2004. 172 с.
2. Исаченко В.П. Осипова В.А. Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1969. 440с.
3. Лариков Н. Н. Общая теплотехника. М.: Стройиздат, 1975. 559 с.
4. Белов С.В. Коэффициенты теплоотдачи в пористых металлах // Теплоэнергетика. 1976. № 3. С. 74-77.
5. Киров С.А., Козлов А.В, Салецкий А.М., Харабадзе Д.Э. Измерение теплоемкости и теплоты плавления методом охлаждения / М.:ООП Физ. Фак-т МГУ. 2012. 23 с.
6. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Сангов М.М., Иброхимов Н.Ф. Влияние кальция на температурную зависимость теплоемкости и изменения термодинамических функций сплава АК12М2 // Теплофизика высоких температур. 2018. Т. 56. № 6. С. 867-872.

ELECTRONIC STRUCTURE AND OPTICAL PROPERTIES OF CsCuX₃ (X=Cl, Br, I): AN AB INITIO STUDY

*A.S. Burkhonzoda*¹, *D.D. Nematov*¹, *Kh.T. Kholmurodov*^{2,3}, *S.M. Mahmudova*¹, *Sh.Kh. Khalifaeva*¹, *Q.M. Azizshoev*¹, *U.J. Rahimova*¹, *F.G. Yusupov*¹, *F. Shokir*¹

¹*S.U.Umarov Physical-Technical Institute of NAS of Tajikistan*

²*Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow Region, 141980 Russia*

³*Dubna State University, Dubna, Moscow Region, 141980 Russia*

E-mail: amondullo.burkhonzoda@mail.ru

In recent years, studies of materials with the perovskite structure have been actively developed. The advantage of perovskite materials based on cesium halide is their optimality and suitability, as well as easily adjustable band gap for photovoltaic devices, which makes them suitable for tandem solar cells, spintronics, LEDs, lasers, photodetectors, X-rays and gamma rays,

radiation detectors [1,2]. These materials are orders of magnitude cheaper than high-purity crystalline silicon. In addition, they can be poured from solution onto glass and flexible substrates, which ensures high speed and low cost of their production.

The study and understanding of the structural, electronic and optical properties of CsCuX₃ (X = Cl, Br, I) for use in energy storage devices and solar cells is very important from the point of view of fundamental research and practical application..

1. Materials and approaches of the study.

All calculations were performed using the density functional theory method [3] implemented in WIEN2k [4] using the generalized gradient approximation (GGA) [5] and mBJ [6] as the electron exchange-correlation functional. In all calculations, the RMT* kmax value was set to 7.0. RMT values were set at 2.5 AU. for Cs 2.22 a.u. for Cu - 1.91 a.u. for Cl - 2.15 a.u. for Br - 2.38 a.u. for I. At the first stage of the study, a geometric optimization of the system was carried out, as a result of which the structural parameters of the crystal lattices of CsCuX₃(X=Cl, Br, I) were obtained. The crystal structures of these materials were visualized using the 3D electronic and structural analysis software VESTA[7] and are presented in Figure 1.

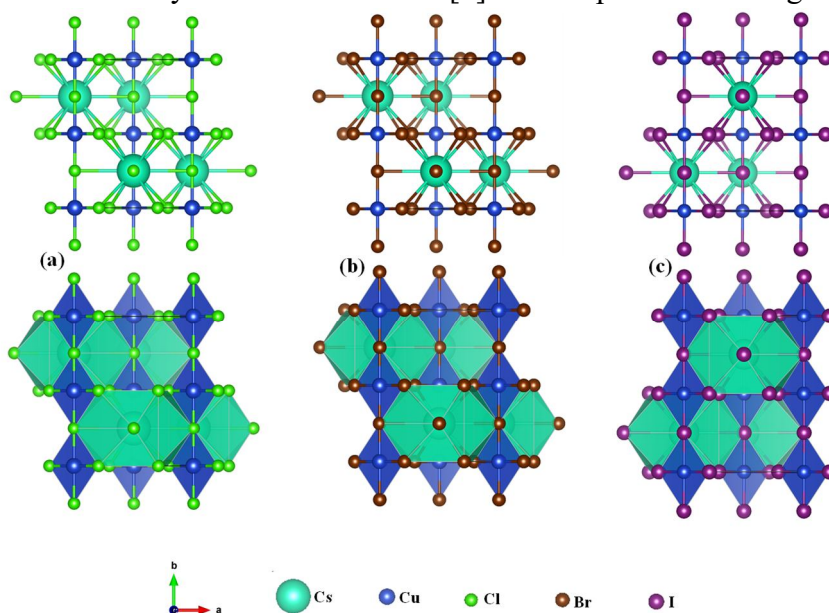


Figure 1 - Atomic structures (a) CsCuCl₃, (b) CsCuBr₃, (c) CsCuI₃.

2. Discussion of results

Table 1 shows the structural parameters of CsCuCl₃, CsCuBr₃, and CsCuI₃ after geometric optimization. The calculated bond lengths are also given in the above table. The results show the calculated equilibrium parameters (a, b, and c, in Å) and volume (V, in Å³) of the lattice.

Table 1 - Structural parameters of CsCuCl₃, CsCuBr₃ и CsCuI₃

Lattice parameters	CsCuCl ₃	CsCuBr ₃	CsCuI ₃
a (Å)	7.57	7.97	8.48
b (Å)	9.55	10.22	11.12
c (Å)	7.57	7.97	8.47
V (Å ³)	547.68	7.97	800.17
Bond length (Å)			
Cs-Cu	4.47	4.73	5.06
Cu-Cl	2.19	-	-
Cs-Cl	3.61	-	-
Cu-Br	-	2.34	-

Cs-Br	-	3.83	-
Cu-I	-	-	2.78
Cs-I	-	-	4.12

Detailed calculations of the predicted densities of states for CsCuCl₃, CsCuBr₃, and CsCuI₃ are shown in Figs. 2. The electronic properties were calculated using the GGA potential to determine the band gap of all perovskite compounds of the CsCuX₃ (X = Cl, Br, I) type. From the calculation results, it becomes clear that these compounds are materials with a direct band gap. Graphs of the total density of states of the CsCuX₃ (X = Cl, Br, I) compounds show that these materials have semiconductor properties. These results show a decrease in the band gap energy of CsCuX₃ (X = Cl, Br, I) when going from Cl to I. The band gap values of CsCuX₃ (X = Cl, Br, I) are given in Table 12.

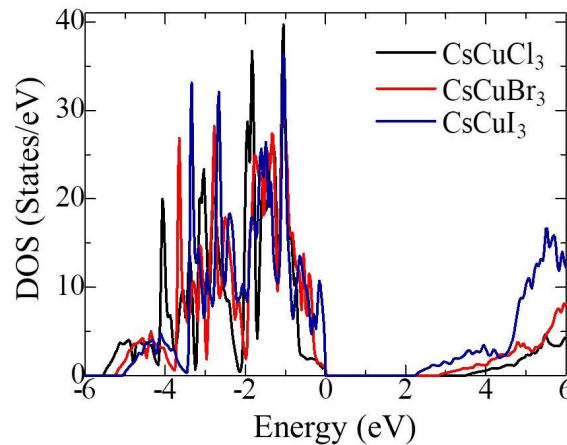


Figure 2 - Density of state CsCuX₃ (X=Cl, Br, I) as a function of energy in the framework of the GGA approximation.

Table 2 - Band gap values for CsCuX₃ (X=Cl, Br, I) within the GGA approximation

System	Band gap (eV)
CsCuCl ₃	3.44
CsCuBr ₃	2.77
CsCuI ₃	2.18

The optical properties of CsCuX₃ (X=Cl, Br, I) are presented in Figure 3, including the values of the dielectric function ($\epsilon_1(\omega)$ and $\epsilon_2(\omega)$), absorption coefficient spectra, optical conductivity spectra, refractive index and reflectivity.

The calculated real $\epsilon_1(\omega)$ and imaginary $\epsilon_2(\omega)$ parts of the dielectric function CsCuX₃ (X=Cl, Br, I) are shown in Figs. 3(a) and fig. 3(b), respectively. The calculated values of $\epsilon_1(\omega)$ show that its static dielectric electronic component ($\omega = 0$) for CsCuCl₃, CsCuBr₃, and CsCuI₃ is 4.24, 5.07, and 7.78, respectively. From fig. On fig. Figure 3(a) shows that the values of $\epsilon_1(\omega)$ for all CsCuX₃ compounds sharply increase in the region of 3 eV, which corresponds to the violet color of visible light. As the photon energy increases, the value of $\epsilon_1(\omega)$ begins to decrease and again reaches a maximum value of about 5.5 eV. With a further increase in the photon energy, the value of $\epsilon_1(\omega)$ rapidly decreases and becomes negative at about 13 eV. Also from fig. 3(a) shows that CsCuI₃ has maximum peaks in the visible and infrared range due to the smaller band gap compared to other CsCuX₃ compounds.

The imaginary part of the dielectric function $\epsilon_2(\omega)$ tends to rapidly increase, starting from approximately 1.3 eV, and reaches a maximum value in the region of 2 eV. With a further increase in the photon energy, the function $\epsilon_2(\omega)$ decreases and reaches its minimum value at 3–4 eV. Then the value of $\epsilon_2(\omega)$ tends to increase again and reaches its maximum value at 6–8 eV. The values of $\epsilon_1(\omega)$ and $\epsilon_2(\omega)$ in Figures 3(a) and 3(b) show that CsCuI₃ can absorb the most energy over a wide range of photon energies and store that energy as much as possible. Based on this, it can be concluded that CsCuI₃ is suitable and desirable for solar cell applications.

On fig. Figure 3(c) shows the calculated absorption spectrum $\alpha(\omega)$ of CsCuX₃. The spectra show that the CsCuX₃ compounds exhibit strong absorption in a wide range of photon energies. The $\alpha(\omega)$ peaks for all CsCuX₃ compounds approximately coincide at 2 eV and 6–10 eV, which corresponds to a wide range of photon energies. Obviously, CsCuI₃ has a better result than the other two compounds. These results indicate that the CsCuI₃ compound is a potential candidate for efficient use in optoelectronics.

Figure 3(d) shows the optical conductivity spectra of the CsCuX₃ system as a function of energy in the range from 0 to 14 eV. In the framework of GGA calculations, the optical conductivity of perovskites of the CsCuX₃ type takes the form of a zero value for energies up to 1 eV, starting from 1 eV, increases and reaches a maximum at 6–8 eV. It should be noted that $\sigma(\omega)$ is a valuable tool for measuring the strength or number of electrons involved in an optical transition. Figure 3(d) shows that $\sigma(\omega)$ increases as the band gap decreases.

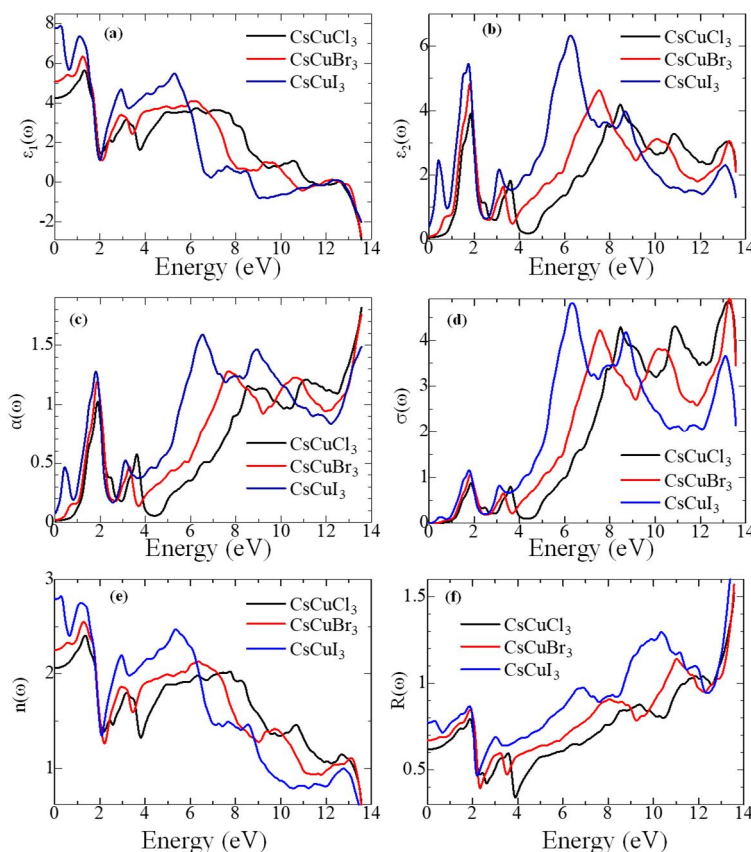


Figure 3 - Calculated (a) $\epsilon_1(\omega)$ values, (b) $\epsilon_2(\omega)$ values, (c) absorption coefficient spectra $\alpha(\omega)$, (d) optical conductivity spectra $\sigma(\omega)$, (e) refractive index $n(\omega)$, (f) reflection coefficient $R(\omega)$ of CsCuX₃(X=Cl, Br, I) perovskites using the GGA potential

The calculated refractive index $n(\omega)$ for perovskites of the CsCuX₃(X=Cl, Br, I) type is shown in fig. 3(e). $n(\omega)$ has a shape similar to $\epsilon_1(\omega)$ and has zero values of 2.06, 2.25, and 2.79

for CsCuCl₃, CsCuBr₃, and CsCuI₃, respectively. It can be seen from the figure that at high energies the refractive index tends to 0.

The calculated spectrum of the reflection coefficient $R(\omega)$ for CsCuCl₃, CsCuBr₃, and CsCuI₃ is shown in Figs. 3(e). The reflection coefficient $R(\omega)$ increases with increasing photon energy up to approximately 2 eV, then sharply decreases. Starting from 2–4 eV, the reflection coefficient $R(\omega)$ for CsCuCl₃, CsCuBr₃, and CsCuI₃ tends to increase. The maximum value of the reflection coefficient is observed at energies above 12.5 eV for all compounds. In this energy range, $\epsilon_1(\omega)$ becomes negative and indicates the metallic character of perovskites of the CsCuX₃ type.

It should be noted that all optical constants shown in Fig. 3 allow us to conclude that perovskites of the CsCuX₃ type are a good material for use in optoelectronics.

3. Conclusions

The structural, electronic, and optical properties of CsCuX₃ (X = Cl, Br, I) have been studied by quantum mechanical calculations. The calculation of the optical properties, consisting of the dielectric function, absorption coefficient spectra, optical conductivity spectra, refractive index and reflectance, showed that CsCuI₃ has a high absorption coefficient. The high absorption power and direct bandgap over a wide range show that CsCuX₃ (X = Cl, Br, I) is suitable for use in solar cells. The calculated optical constants of perovskites of the CsCuX₃ family (X = Cl, Br, I) show that they are good materials for use in optoelectronics.

Literature

1. Trots D. M., Myagkota S. V. High-temperature structural evolution of caesium and rubidium triiodoplumbates //Journal of Physics and Chemistry of Solids. – 2008. – Т. 69. – №. 10. – С. 2520-2526.
2. Ahmad M. et al. Structural, electronic and optical properties of CsPbX₃ (X= Cl, Br, I) for energy storage and hybrid solar cell applications //J. of Alloys and Compounds. – 2017. – Т. 705. – С. 828-839.
3. Burke K., Wagner L. O. DFT in a nutshell //International Journal of Quantum Chemistry. – 2013. – Т. 113. – №. 2. – С. 96-101.
4. Blaha P. et al. wien2k //An augmented plane wave+ local orbitals program for calculating crystal properties. – 2001. – Т. 60. – С. 1-302.
5. Grimme S. Semiempirical GGA-type density functional constructed with a long-range dispersion correction //Journal of computational chemistry. – 2006. – Т. 27. – №. 15. – С. 1787-1799.
6. Koller D., Tran F., Blaha P. Improving the modified Becke-Johnson exchange potential //Physical Review B. – 2012. – Т. 85. – №. 15. – С. 155109.
7. Momma K., Izumi F. VESTA: a three-dimensional visualization system for electronic and structural analysis //Journal of Applied crystallography. – 2008. – Т. 41. – №. 3. – С. 653-658.

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ СОВПАДЕНИЙ НЕЙТРОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ МЕТОДОМ ЦИФРОВОГО УДАЛЕНИЯ НАЛОЖЕННЫХ ИМПУЛЬСОВ

Имом М.Ш., Одинаев С.Ф.

*Физико-технический институт им. С.У.Умарова Национальной академии наук
Таджикистана, Душанбе, Таджикистан.*

E-mail: emmirshar@gmail.com

В работе анализируются импульсы нейтронов и гамма-квантов дуплетными временными совпадениями цифровым методом удаления наложенных импульсов для определения состава ядерных делящихся материалов. Даются результаты исследования временных совпадений импульсов нейтронов и гамма-квантов различных кратности.

Ядерные делящиеся материалы (ЯДМ) считаются такие материалы в которых присутствуют один или более форм нуклидов, приспособленных к делению на тепловых нейтронах. Современная ядерная энергетика в основном базируется на использовании нуклиды ^{235}U и ^{239}Pu и соответственно для учета и контроля их содержания уделяется основное внимание. Для реконструкции и производства изделий из ядерных материалов практическая задача нахождения массы и состава ЯДМ состоит в приоритете. К таким изделиям чаще всего относятся технологические оборудования, контейнеры для транспортировки облученных материалов и тепловыделяющие элементы (ТВЭЛ).

На сегодняшний день существуют различные установки и методы обнаружения и контроля состава ЯДМ. К таким установкам относятся импульсная ионизационная камера, пропорциональный счетчик, сцинтилляционный детектор, полупроводниковый детектор, следовые детекторы, счетчик Черенкова. Каждые из вышеперечисленных установок состоят из определенных методов и программного обеспечения, также имеют собственные преимущества и недостатки.

Сцинтилляционные детекторы являются такими приборами посредством которых можно регистрировать заряженных или нейтральных частиц, осколков деления ядро и гамма-квантов. Сцинтилляторы могут быть в газовой, кристаллической и жидкой форме. Пособством сцинтилляторов можно анализировать энергетические спектры электронов и гамма-квантов. Обычно сцинтилляционные детекторы включают в себя сцинтиллятор, в котором частицы вызывают вспышку люминесценции, фотоэлектронный умножитель и аналого-цифровой преобразователь регистрирующий эти электрические импульсы. Помимо регистрации ионизирующих излучений сцинтилляционный детектор также детектирует нейтронов и гамма-квантов.

Основные преимущества сцинтиллятора считаются высокая временная способность определения скорость счета совпадений, использование сцинтиллятора в качестве спектрометра по его характеристикам, возможность регистрации и всех видов радиоактивного излучения.

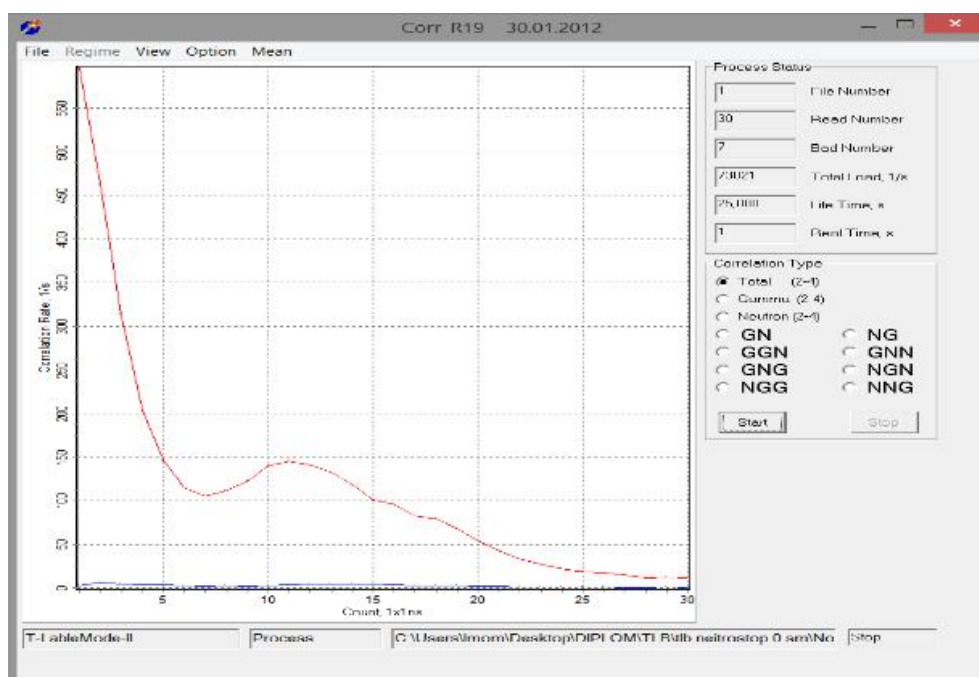


Рис.1. Программное обеспечения импульсов счета временных совпадений нейтронов и гамма-квантов.

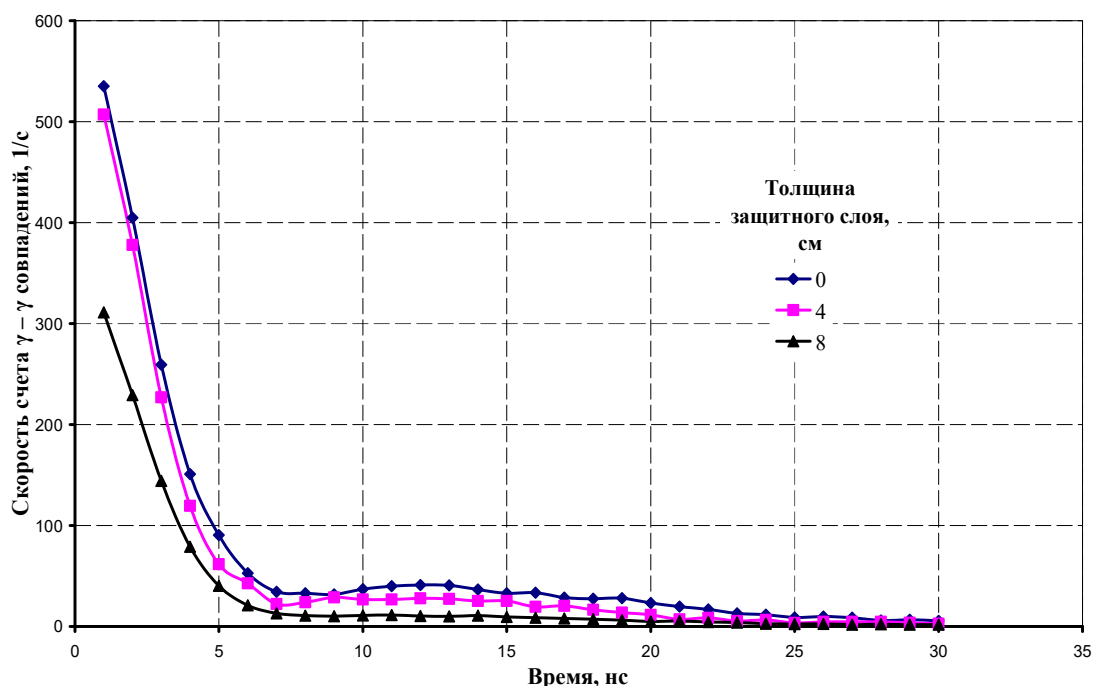


Рис.2. Счет временных дуплетных гамма-гамма совпадений. Последние годы мир столкнулся с дефицитом гелия.

В современном мире в качестве счетчиков определения наличия нейтронов лидируют пропорциональные газовые детекторы на основе ^3He . Подобные счетчики сконструированы на стеклянном баллоне состоящего из катода, анода и наполненного газа гелия. Главная техническая характеристика гелиевых счетчиков является счетные свойства – зависимость числа отсчетов от приложенного напряжения. Производства гелия в мире направлено на 17 заводах, 13 из которых находятся на территории США (что производят 70% гелия), а остальные заводы находятся в Алижире, Катаре, Польше и в России. Запас и добыча гелия ограничены и затруднительны.

Причины дефицита гелия являются ограниченные запасы, растущий спрос и неэффективное использование по цене. Отсутствие альтернативных методов обнаружения делящихся материалов равных по эффективности обнаружения гелиевым счетчикам усугубляет проблему его дефицита. Кроме этого гелиевые счетчики могут определить всего лишь импульсы нейтронов. Отсюда возникает задача в создании эффективного метода замены гелиевых счетчиков на основе ^3He на других типов детекторов с содержанием различных физических и химических элементов заменяющих гелиевый газ.

Табл.1. Скорость счета дуплетных совпадений γ - γ и n-n ^{252}Cf без защитного слоя, 1/с.

Время, нс	$\gamma - \gamma$	\pm	n-n	\pm
1	535.11	4.63	23.91	0.98
2	404.83	4.02	21.55	0.93
3	259.35	3.22	19.31	0.88
4	150.99	2.46	18.67	0.86
5	90.55	1.90	17.79	0.84
6	52.75	1.45	16.87	0.82
7	34.39	1.17	14.99	0.77
8	32.91	1.15	12.91	0.72

9	31.79	1.13	11.47	0.68
10	36.99	1.22	9.67	0.62
11	39.95	1.26	7.19	0.54
12	41.15	1.28	5.75	0.48
13	40.71	1.28	4.91	0.44
14	36.59	1.21	3.27	0.36
15	32.87	1.15	2.95	0.34
16	33.39	1.16	2.07	0.29
17	28.63	1.07	2.07	0.29
18	27.55	1.05	1.87	0.27
19	27.99	1.06	2.11	0.29
20	23.19	0.96	1.15	0.22
21	19.79	0.89	1.23	0.22
22	16.95	0.82	0.95	0.20
23	12.99	0.72	1.31	0.23
24	11.71	0.68	0.75	0.17
25	8.83	0.59	0.79	0.18
26	9.91	0.63	0.71	0.17
27	8.79	0.59	0.75	0.17
28	5.95	0.49	0.59	0.15
29	6.63	0.52	0.63	0.16
30	5.59	0.47	0.43	0.13
Итого	2068.82	40.23	208.62	13.4

Предлагаемая программа счета временных совпадений дает возможность применять уже ранее обработанные данные для счета временных совпадений различных кратностей. Программа считает дуплеты n - n , γ - γ и γ - n и триплеты импульсов γ - γ - n , n - n - n , n - γ - n и γ - n - n .

С помощью данной программы можно вычислять следующие параметры:

- скорость счета определяемых частиц в детектирующей системе;
- скорость счета временных совпадений различной кратности, а также их распределение по времени. Текущая версия программы позволяет создавать распределения в интервалах 30 нс с шагом 1нс;
- скорость счета двойных совпадений (дуплеты) между парами;
- статистическая ошибка для скорости счета совпадений различной кратности.

Практические задачи по определению счета совпадений нейтронов и гамма-квантов проводились в установке и вышеуказанной программой. Определялись счет временных дуплетных совпадений импульсов нейтронов и гамма-квантов с временем измерения 30 нс и результаты временных счетов совпадений импульсов нейтронов и гамма-квантов можно посмотреть в нижеприведенных таблицах и рисунках.

Метод удаления наложенных импульсов нейтронов и гамма-квантов состоит из жидких и кристаллических сцинтилляторов, фотоэлектронные умножители и аналого-цифровой преобразователь и особое программное обеспечения с персональным компьютером для определения счета временных совпадений импульсов нейтронов и гамма-квантов.

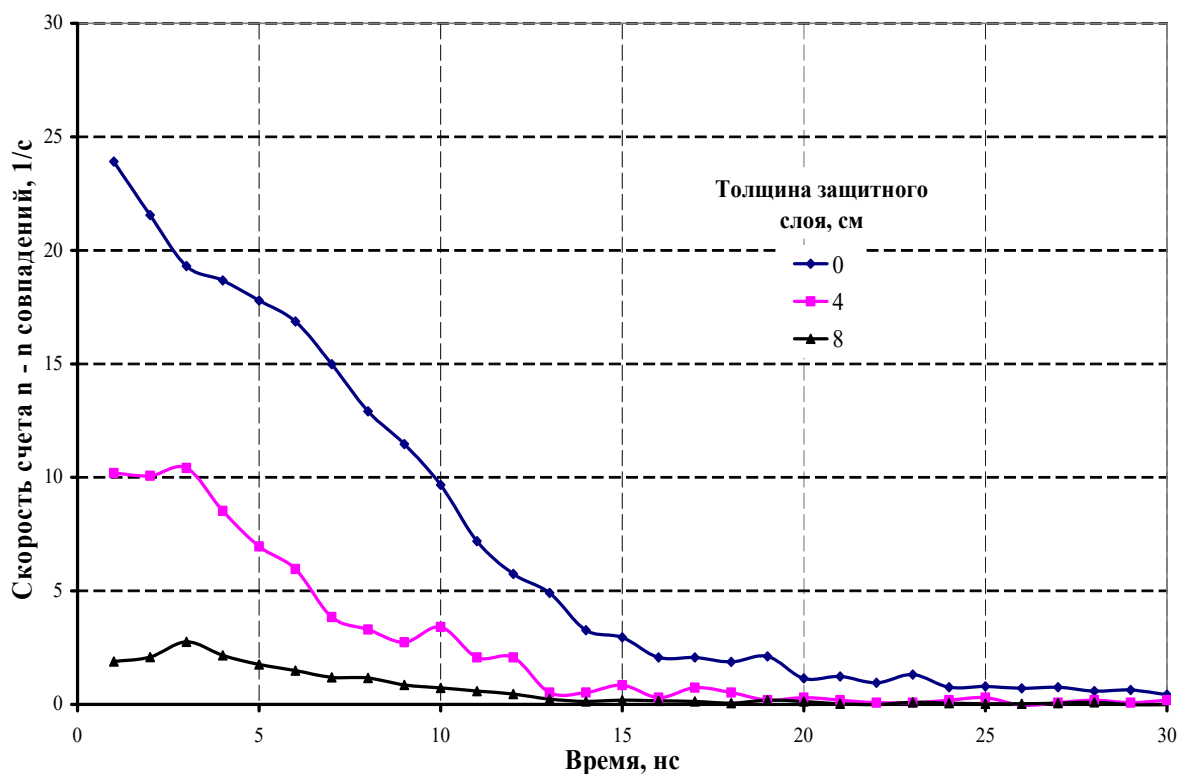


Рис.3. Счет временных дуплетных нейтрон-нейтрон совпадений.

Результаты экспериментальных работ установки цифрового анализа откликов нейтронов и гамма-квантов с сцинтиллятором EJ-309 показывают, что установка в составе с программным обеспечением считает временные совпадения дуплетных типов гамма-квантов и нейтронов.

Авторы выражают глубокую благодарность профессору Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» А.Г.Белевитину, доктору физико-математических наук В.Л.Ромоданову за помощь в цифровой обработке данных эксперимента, а также покойному академику НАНТ Х.Х.Муминову и академику Ф.К.Рахими за плодотворное обсуждение полученных результатов.

Список литературы

1. Ромоданов В.Л. Физические методы и установки активного контроля делящихся материалов-М.:НИЯУ МИФИ, 2007.
2. Ensslin N., Harker W.C., Krick M.S., Langner D.G., Pickrell M.M., Stewart J.E. Счет множественности нейтронов. Руководство по эксплуатации-Лос-Аламосская национальная лаборатория эксплуатируется Университетом Калифорнии для Министерства энергетики США по контракту W-7405-ENG-36. Los Alamos, New Mexico 87545, 118 с.
3. Ромоданов В.Л., Белевитин А.Г., Афанасьев В.В., Рябов Р.Ю. «Комплекс цифровой технологии обработки данных в установках обнаружения радиоактивных и делящихся материалов-М.:НИЯУ МИФИ, 2005, 240 с.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ПЕРВИЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОГОРНЫХ УСТАНОВОК

А.Р.Мукумов

*Физико-технический институт им. С.У.Умарова Национальной академии наук
Таджикистана, Душанбе, Таджикистан.*

Email: azam.muqumov@mail.ru

Широкий атмосферный ливень (ШАЛ) представляет собой тонкий и очень вытянутый поперёк оси каскада диск частиц, который распространяется почти со скоростью света вдоль оси. Ось ливня определяется направлением движения первичной частицы. Диск частиц имеет слегка изогнутую переднюю поверхность и увеличивающуюся к периферии толщину. Наиболее распространенный метод детектирования ливня основан на регистрации диска частиц на уровне наблюдения с помощью массива детекторов частиц. Таким образом можно получить информацию о поперечном распределении частиц ливня на данной стадии его развития по временам прихода диска в разные детекторы массива. Любая непосредственно измеряемая характеристика ШАЛ зависит от полного набора первичных параметров (E_0, θ, A), а также от взаимной геометрии ливня и детектора и уровня наблюдения (положения детектора над уровнем моря). Из этого следует, что процедура оценки E_0 должна учитывать θ, A (или хотя бы их оценки) и условия эксперимента. Иными словами, полноценное определение E_0 возможно только в результате самосогласованной процедуры определения всех первичных параметров, оптимизированной под конкретный эксперимент.

Для решения задач поставленных перед проектом Памир XXI [1-4] требуется набор детекторов заряженных частиц, способный определять характеристики первичной частицы в диапазоне $E_0 \geq 1$ ПэВ. На высотах гор ливни регистрируются на более ранних стадиях развития, что означает большие плотности заряженных частиц и большие энергии адронов в стволах ливней, чем на уровне моря. С учетом данной особенности нами предлагаются конфигурации сети детекторов заряженных частиц и способы обработки их данных, которые позволяют оценивать энергию и направление первичной частицы лучше, чем традиционные методы на меньших высотах наблюдения.

Полное прямое статистическое моделирование проводилось с помощью CORSIKA6.990/QGSJET-0I и CORSIKA7.5600/QGSJET-II-04 [5] для уровня наблюдения 4250 м над уровнем моря и первичных энергий 1-10 ПэВ до порога 1 МэВ по электронам и гамма-квантам и до 200 МэВ по мюонам и адронам, в качестве первичных частиц брались протоны и ядра N и Fe. По степенному спектру $\sim E_0^{-2.7}$ были разыграны по 36 вертикальных ливней от протонов, ядер азота и железа в диапазоне 100 — 1000 ПэВ на ядро. Сохранялись данные по частицам для всех расстояний с порогами 1 МэВ для электронов и гамма-квантов и 1 ГэВ для мюонов и адронов.

В дальнейшем для удобства обработки для каждого события данные сохранялись в виде карты поперечного распределения заряженных частиц, представляющей собой массив 300x300 элементов и содержащей числа частиц/энерговывделений в квадратных ячейках 1 м x 1 м, и аналогичной карты времён прихода фронта частиц/энерговывделений той же размерности с усреднением по ячейкам. Таким образом, каждый ливень на уровне наблюдения регистрировался ковром 300 м x 300 м с центром на оси ливня, заполненным квадратными детекторами.

Обработка пространственно-временных данных по частицам требует выбора моделей поперечного распределения (ПР) и временного фронта (ВФ) и их флуктуаций. Временной фронт τ задаётся моментом достижения интегралом от временного распределения (импульса) $f(t)$ уровня 50% от полного значения:

$$\tau: \int_0^{\tau} f(t)dt = 0,5 \int_0^{\infty} f(t)dt$$

Для аппроксимации ПР частиц была использована модель, близкая к модели Нишимуры-Каматы-Грейзена [6]:

$$F_{LD}(R) = \frac{a_0}{R^{a_1} \left(1 + \frac{R}{a_2}\right)^{a_3}},$$

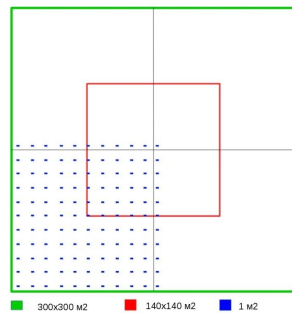
для временного фронта:

$$F_{TF}(R) = R(a_0 + a_1 R + a_2 R^2),$$

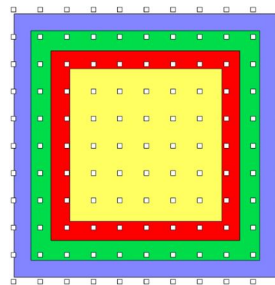
где, R – расстояние от оси до детектора.

При обработке отдельных событий эти модели подгоняются к данным распределенной сети детекторов, что позволяет получать оценки энергии, направления прихода первичной частицы и положение оси ШАЛ на уровне наблюдения. Была рассмотрена сеть детекторов заряженных частиц размером 11x11 детекторов площадью 1 м x 1 м (Рис. 1 А). Расстояние между детекторами было 15 м, сетка покрывала площадь 150 м x 150 м [7,8]. Центр сетки сдвигается относительно оси ливня по обеим координатам с шагом 1 м внутри квадрата (140 м x 140 м), причём ось ливня всегда остаётся в пределах сетки. С учётом всех возможных сдвигов сетки одно событие рассматривается в 19600 конфигурациях «сетка-ливень».

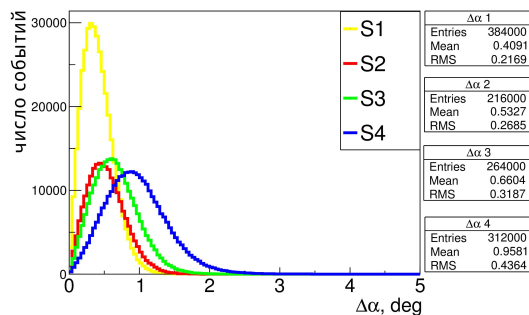
Было выяснено, что в зависимости от того в какую зону сетки детекторов попадает ось ливня от первичных протонов с энергией 1 ПэВ, ошибки оценок направления и положения оси меняются (Рис.1. В, Д).



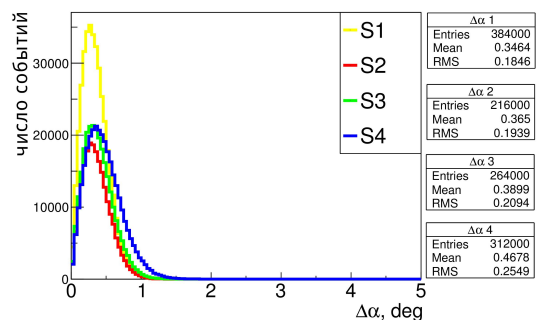
А)



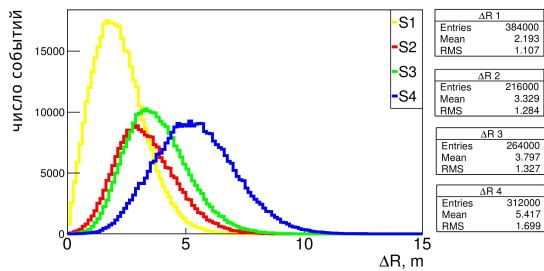
Б)



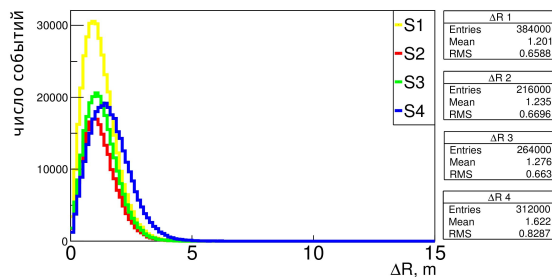
В)



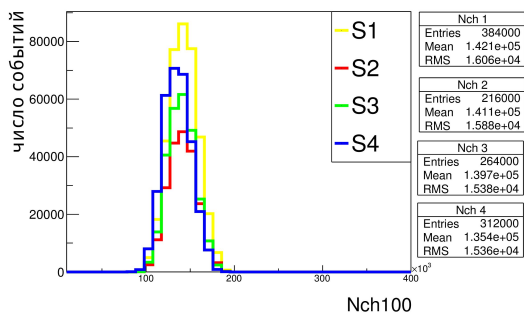
Г)



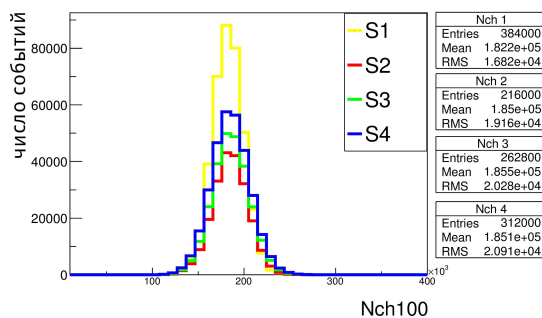
Д)



Е)



Ж)



З)

Рис. 1. Схема расположения детекторов заряженных частиц по отношению к оси ливня (А), различные зоны сетки детекторов (Б), в которых рассмотрены приводимые ниже распределения ошибок оценок параметров. Ошибки оценок направления, положения оси и размера ливня $Nch_{(40m-100m)}$, когда порог по числу частиц 1 (В, Д, Ж) и 5 (Г, Е, З).

Однако с помощью введения порога по числу частиц, при котором происходит срабатывание детектора, можно улучшить оценки направления и положения оси во всех зонах сетки. Это объясняется тем, что, когда ось ливня попадает в периферийные зоны сетки, мы иногда наблюдаем большие флуктуации плотности частиц, и это мешает восстановлению ФПР и ВФ. При введении порога число активных детекторов уменьшается за счёт детекторов с большими флуктуациями в сторону уменьшения плотности частиц. Таким образом оценка первичных параметров осуществляется по меньшему числу детекторов с меньшей флуктуацией.

Протонные ливни имеют большие флуктуации, чем ливни от других ядер, что усложняет процедуры оценки первичных параметров. Глубокое развитие ШАЛ от протонов приводит к тому, что на уровне наблюдения мы можем регистрировать ливни с одинаковой энергией на разных стадиях развития. Проскочившие ливни находятся на более ранней стадии развития, чем других ливни такой же энергии. На уровне наблюдения это приводит к тому, что размер ливня будет больше (для 1-10 ПэВ) или меньше (для 0.1-1 ЭэВ), чем у нормальных ливней. В диапазоне 1-10 ПэВ нами было предложено решение интегрировать ПР в кольцо 40 м-100 м с центром на оси, что дает возможность оценить энергию с точностью 12%. Дальнейшие исследования показали, что этот способ работает и для больших энергий, только для проскочивших ливней надо вводить поправку. Для этого сначала надо найти меру для оценки проскока. Мерой стадии развития ливня или проскока может служить соотношение.

Процедура оценки первичной энергии выглядит следующим образом:

- По показаниям сработавших детекторов заряженных частиц оцениваются: $Nch_{(40м-100м)}$, положение и направление оси ливня, K .

$$K = \frac{Nch_{(0-70м)}}{Nch_{(70м-150м)}}$$

- Поправка к интегралу Nch в кольце 40 м-100 м вводится умножением его на коэффициент C_0 . Начиная с некоторого порогового значения крутизны K_p :

$$C_0 = 1, \quad \text{если } K \leq 1$$

$$C_0 = 1 + a*(K-K_p), \quad \text{если } K > 1$$

где, $a=0.42$ и $K_p = 7.2$

- Первичная энергия частицы оценивается по формуле

$$\log_{10}(E_0 / 10GeV) = 0.957 * \log_{10}(C_0 * Nch_{(40м-100м)})$$

Полученные результаты приведены в Таблице 1. Предлагаемый вариант сети детекторов заряженных частиц способен оценивать для ливней 1 ПэВ-1 ЭэВ положение оси с точностью ~ 1 м, направление прихода с точностью $\sim 0.5^\circ$ и первичную энергию с точностью лучше 15%. Систематическая ошибка оценки, полученная при обработке выборок разных моделей взаимодействия, не превышает 13%.

Таблица 1. Неопределённости оценки первичной энергии $\delta E_0, \%$ сетью из 11×11 детекторов частиц для ШАЛ от протона 1ПэВ -1ЭэВ.

	$\delta E_0, \%$
1 ПэВ	14
10 ПэВ	13
100 ПэВ	15
0.1-1ЭэВ $y=-2.7$	15

Литература

1. Borisov A.S. and Galkin V.I. // J. Phys.: Conf. Ser., 2013. 409, No.1. 012089. DOI:10.1088/1742-6596/409/1/012089.
2. В. И. Галкин, А.С. Борисов, Р. Бахромзод, В. В. Батраев, С.З. Латипова, А.Р. Мукумов. Вестник Московского Университета. Серия 3: Физика, Астрономия, 2018, № 2, с.57-64.
3. V.I. Galkin, A.S. Borisov, R. Bakhromzod, V.V. Batraev, S. Latipova and A. Muqumov, EPJ Web of Conferences 145, 15004 (2017)
4. N.P. Topchiev, A.S. Borisov, V.V. Batraev, R. Bakhromzod, V.I. Galkin, A.R. Muqumov, PoS (2017) 301, 475.
5. Heck D. and Pierog T.. CORSIKA User's Guide, (KARLSRUHER INSTITUT FUR TECHNOLOGIE, 2011)
6. Kamata K., Nishimura J. Prog. Theor. Phys. Suppl. 1958. 6. P. 93.
7. Мукумов А. Р., Галкин В.И., Ученые записки физического факультета Московского Университета, № 3, 2018.
8. Galkin V. I., Borisov A. S., Bakhromzod R., Batraev V. V., Latipova S., Muqumov A. EPJ Web of Conferences. 2017. 145. 15004.

АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СВИНЦОВОГО БАББИТА БТ (PbSb15Sn10), СО СТРОНЦИЕМ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

¹Ганиев И.Н., ¹Одинаев А.Х., ²Ходжаев Ф.К., ¹Ходжаназаров Х.М.

¹Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими;

²Физико-технического института им. С.У. Умарова НАНТ

E-mail: ganiev48@mail.ru

В качестве антифрикционного материала опор подшипников скольжения наибольшее распространение получили баббиты – легкоплавкие антифрикционные сплавы на основе свинца. В состав свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) вводят легирующие элементы, улучшающие некоторые их свойства [1].

Свинцовые баббиты – это специальные материалы для изготовления деталей машин, работающих в условиях трения и скольжения, и имеющих низкий коэффициент трения. Эти сплавы должны иметь высокую теплопроводность, низкий коэффициент трения и хорошую прирабатываемость к поверхностям деталей.

Свинцовые баббиты лучше всех переносят сильный нагрев. Этот материал широко используется для механизмов и машин строительного-дорожного и сельскохозяйственного оборудования, работа которого связана со значительными тепловыделениями [2].

Цель настоящей работы – это изучение влияния добавок стронция на анодное поведение свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), в среде водного раствора 0.03%-ного NaCl.

Свинцовый баббит БТ (PbSb15Sn10) со стронцием получали в шахтной лабораторной печи СШОЛ при температуре 450 – 500 °С путём плавки свинца марки С1 (99.985% Pb) (ГОСТ 3778-77), олова марки ОВЧ-000 (99.999% Sn) (ГОСТ 860-75), сурьмы металлической марки Су00 (99.9% Sb) (ГОСТ 1089-82) и металлического стронция марки СтМ1 (99.9% Sr) ТУ 48-4-173-72.

Для изучения коррозионно-электрохимических потенциалов свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), содержащего стронций применяли следующий метод исследования. Электрохимические испытания образцов проводили потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме на потенциостате ПИ-50-1-1 со скоростью развёртки потенциала 2 мВ/с, в среде водного раствора 0.03%-ного NaCl по методикам, описанным в работах [3-5]. Электродом сравнения служил хлоридсеребряный, вспомогательным – платиновый.

Результаты коррозионно-электрохимического исследования свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) со стронцием представлены в табл.

Электрохимические характеристики свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) со стронцием снятие при скорости развёртки потенциала 2 мВ/с приведены в таблице. Видно, что добавки стронция к сплаву PbSb15Sn10 несколько сдвигает в положительную область потенциалов свободной коррозии, питтингообразования и репассивации. Небольшие добавки стронция вызывают уменьшение плотности тока и скорости коррозии исходного сплава.

Как видно из таблицы у свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) со стронцием до 1 мас. %, наблюдается смещение потенциал коррозии в положительную область значений. Потенциалы питтингообразования и репассивации при этом также смещаются в область положительных значений. Тенденция смещения потенциалов в положительную область при легировании исходного сплава со стронцием характерна и для потенциала свободной

коррозии. Минимальная скорость коррозии соответствует сплаву (PbSb15Sn10), легированного 1 мас. % стронцием ($17.0 \cdot 10^{-3}$ г/м²·час).

Таблица 1 - Коррозионно-электрохимические характеристики свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) со стронцием, в среде водного раствора 0.03%-ного NaCl

Содержание стронций в сплаве, мас. %	Электрохимические потенциалы, В(х.с.э.)				Скорость коррозии	
	-E _{св.корр.}	-E _{корр.}	-E _{п.о.}	-E _{рп.}	i _{корр.} ·10 ² А/м ²	K·10 ³ г/м ² ·час
-	0.612	1.000	0.510	0.611	0.56	21.64
0.01	0.565	0.960	0.469	0.570	0.47	18.16
0.1	0.551	0.950	0.460	0.561	0.45	17.39
0.5	0.540	0.941	0.451	0.552	0.43	16.61
1.0	0.530	0.932	0.442	0.543	0.41	15.84

На рис. представлено потенциодинамические анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые свинцового баббита Бт (PbSb15Sn10), содержащего стронция, в среде водного раствора 0.03%-ного NaCl. Видно, что присутствие стронция несколько изменяет ход анодных кривых в сторону меньших значений плотности тока в более положительную область значений потенциалов. При этом потенциал питтингообразования также повышается с увеличением концентрации легирующего компонента до 1.0 мас. %.

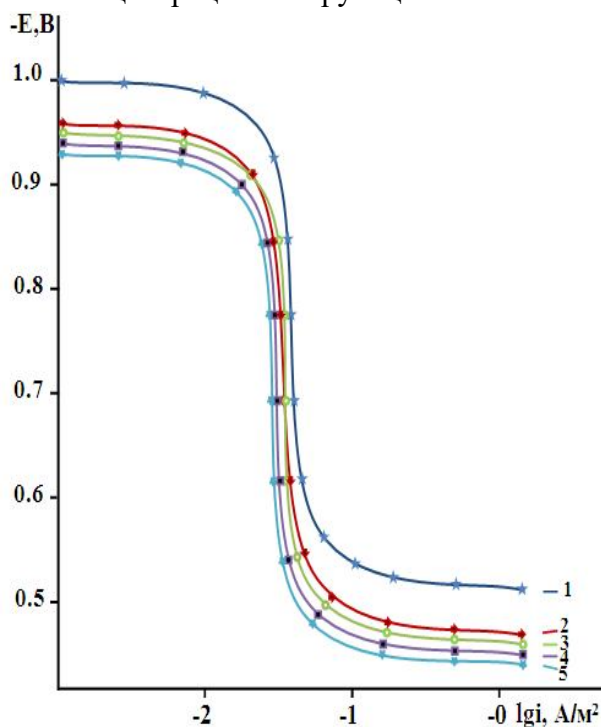


Рисунок 1 - Потенциодинамические анодные поляризационные (2 мВ/с) кривые свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10Sr) (1), содержащего стронций, мас. %: 0.01(2); 0.1(3); 0.5(4); 1.0(5), в среде водного раствора 0.03%-ного NaCl

Таким образом, на основе проведенных исследований установлено, что добавки стронция в количествах 0.01 – 1.0 мас. % на 45% повышает коррозионную стойкость свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), в нейтральной среде водного раствора 0.03% - ного NaCl.

Выводы

1. Изучением коррозионно-электрохимического поведения свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) со стронцием, в среде электролита NaCl показано, что добавка модифицирующего элемента до 1.0 мас. % независимо от состава электролита NaCl уменьшает скорость коррозии исходного сплава на 45%.

2. Исследованием влияния хлорид-иона на электрохимические характеристики свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10) со стронцием установлено, что снижение в электролите NaCl концентрации хлорид-иона в 100 раз способствует уменьшению скорости коррозии сплавов и сдвигу электродных потенциалов в положительную область значений.

Список литературы

1. Фрейман Л.И., Макаров В.А., Брыксин И.Е. Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите. Под ред. акад. Я.М. Колотыркина. – Л.: Химия, 1972, 240 с.

2. Салита Д.С., Поляков В.В. Влияние структуры свинцового сплава на акустическую эмиссию при пластической деформации и разрушении // Известия Алтайского государственного университета. 2017. – №1 (93). – С. 54-57.

3. Х.М. Ходжаназаров, И.Н. Ганиев, Ф.К. Ходжаев. Анодное поведение свинцового баббита PbSb15Sn10 с натрием, в среде электролита 3%-ного NaCl // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы металлургической промышленности». – Душанбе, 2021. – С. 59-63.

4. Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Ходжаев Ф.К., Одиназода Х.О. Влияние добавок калия на анодную устойчивость свинцового баббита БК (PbSb15Sn10K) // Вестник ПНИПУ. 2022. – №1. – С. 52-63.

5. Ганиев И.Н., Ходжаназаров Х.М., Ходжаев Ф.К. Потенциодинамическое исследование свинцового Баббита БТ (PbSb15Sn10), с натрием, в среде электролита NaCl // Вестник Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. 2022. – №1. – С. 126-133.

ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ РИБОФЛАВИНА В РАЗЛИЧНЫХ МОНОМЕРАХ И АГРЕГАТАХ

¹С.Х.Астанов, ¹Г.К.Касимова, ²Ф.А.Салахитдинов

¹Бухарский инженерно-технологический институт, Узбекистан

²Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова, , Узбекистан

Институт инженерной физики, , Узбекистан

E-mail: salofazlitdin0@gmail.com

Рибофлавин является одним из немногих витаминных препаратов, которые хорошо растворяются в воде, что позволяет готовить на его основе различные лекарственные препараты в виде концентратов и паст [1,2]. При этом рибофлавин используется в офтальмологии для лечения катаракты и в онкологии для обнаружения и лечения раковых заболеваний [3]. Не смотря на то, что рибофлавин очень чувствителен к воздействию света и температуры, путем подбора определенных условий можно добиться стабилизации витаминного препарата. Рибофлавин также участвует в окислительно – восстановительных реакциях организма путём переноса электронов к биологическим активным молекулам. Однако при использовании высоких концентраций в растворах могут происходить процессы агрегации, которые приводят к самосборке молекул исследуемых соединений. Имеется довольно большое количество публикаций, посвященное исследованиям физико-химических и биологических свойств рибофлавина, его применению в различных областях науки и техники [4]. В настоящей работе приведены результаты исследования энергии электронного состояния рибофлавина в процессе образования самоагрегатов.

Используя экспериментальные значения максимумов полос поглощения, флуоресценции и линейного дихроизма бинарных смесей вода–диоксан, вода–ДМСО, этанол–метилпропанол, а также концентрированных водных растворов [5] были построены схемы электронных переходов между основными и возбуждёнными состояниями рибофлавина, находящего в мономерном и агрегированном состояниях (рис.1). Следует отметить, что спектр линейного дихроизма полученный в концентрированном водном растворе и в бинарных смесях вода–диоксан, вода–ДМСО, этанол–метилпропанол идентичны между собой. Для мономерной формы молекул рибофлавина наиболее вероятные переходы частот в поглощении (ν_p^a), полуширина этих полос (σ_p^a):

$$\nu_p^{a_1} = 22300 \text{ см}^{-1} \text{ и } \sigma_p^{a_1} = 4530 \text{ см}^{-1}; \nu_p^{a_2} = 26800 \text{ см}^{-1} \text{ и } \sigma_p^{a_2} = 8580 \text{ см}^{-1};$$

$$\nu_p^{a_3} = 37450 \text{ см}^{-1} \text{ и } \sigma_p^{a_3} = 4660 \text{ см}^{-1}; \nu_p^{a_4} = 44840 \text{ см}^{-1} \text{ и } \sigma_p^{a_4} = 5730 \text{ см}^{-1};$$

При этом по точке пересечения электронных спектров поглощения и флуоресценции частота чисто электронного перехода составляет $\nu_{00}=20200 \text{ см}^{-1}$. В концентрированных водных растворах и в бинарной смеси растворителей вода–диоксан, этанол–метилпроанол спектры поглощения рибофлавина оказались бесструктурными. На фоне без структурности проявляются электронные полосы поглощения с максимумами частот: $\nu_{\text{макс}}^a = 22120$, $\nu_{\text{макс}}^a = 37450$, $\nu_{\text{макс}}^a = 45000 \text{ см}^{-1}$.

Образование агрегатов рибофлавина в концентрированных растворах подтверждается измерением спектров кругового дихроизма [6]. Существенно отметить что величина энергетических параметров полученные для растворов агрегатов рибофлавина в системе этанол+метильпропанол практически совпадают с результатами полученные в результатами со значениями, которые получен на основы экспериментальных спектр поглощения и линейного дихроизма агрегированного концентрированных водных растворах рибофлавина в условиях ламинарного гидродинамического потока (табл.1).

Табл.1.

Энергетические параметры в виде максимума ($\nu_{\text{макс}}$) и полуширины (σ_c) полос полученные по спектрам линейного дихроизма самоагрегироватов молекул рибофлавина.

Обозначения полос (ν_c)	ν_{c_1}	ν_{c_2}	ν_{c_3}	ν_{c_4}	ν_{c_5}	ν_{c_6}
$\nu_{\text{макс}}$ см^{-1}	21700	27800	31000	35000	38500	47800
σ_c $\pm 100 \text{ см}^{-1}$	1700	2000	2000	3400	3400	3800

где ν_c – нумерация электронных полос.

На основе полученных экспериментальных максимумов полос поглощения и спектра линейного дихроизма были построены схемы электронных переходов между основными и возбуждёнными состояниями рибофлавина, находящего в мономерном и самоагрегированном состояний (рис.1).

Из рисунка следует, что частота чисто электронного перехода для мономеров в результате агрегации снижается на 3000 см^{-1} . Две полосы поглощения с частотами максимума $\nu_{\text{макс}}=22300 \text{ см}^{-1}$ и $\nu_{\text{макс}}=26800 \text{ см}^{-1}$ при переходе от мономеров в состоянии агрегатов смешаются на 600 и 1000 см^{-1} соответственно. Из результатов приведенном в рис.1 следуют, что при агрегированных молекулах рибофлавина с гипохромным эффектом, скрытие полосы поглощения агрегатов проявляются как с длинноволновой, так и с коротковолновой части спектра мономеров. Скрытые полосы поглощения агрегатов рибофлавина были получены по спектру линейного дихроизма. Сопоставление этих результатов, показывает, что независимо от способа ориентации мономерных молекул

происходит резонансное расщепления возбуждённых электронных уровней с наблюдением Давыдовского дублета.

Для димерной элементарной ячейки в молекулярном кристалле при диполь-дипольном взаимодействии между молекулами мономеров выполняется следующее соотношение:

$$\Delta E_D = \Delta E_M + \Delta D + V_{12}$$

где ΔE_D и ΔE_M - энергии электронного перехода в димере и мономере соответственно, ΔD - разность энергии взаимодействия возбужденной и нормальной молекул мономера с другой мономерной молекулой в димерной элементарной ячейке агрегата красителя.

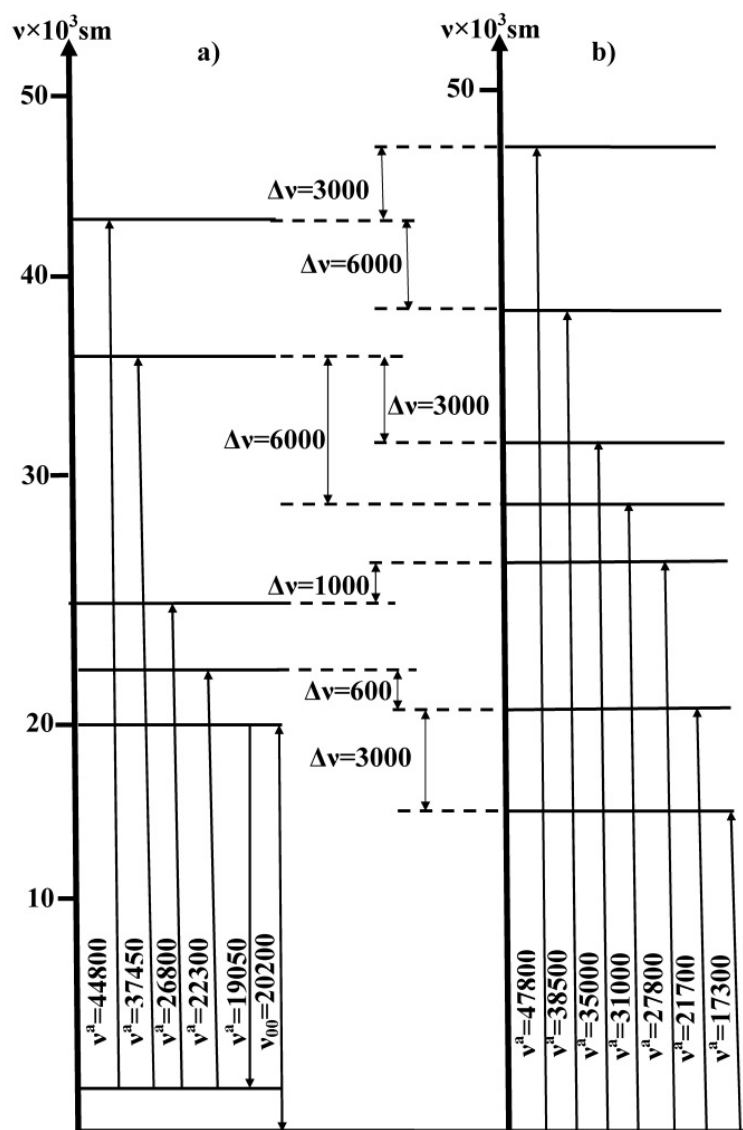


Рис.1. Схема электронных переходов мономеров (а) и самоагрегатов (б) молекул рибофлавина

Энергия экситонного взаимодействия между молекулами мономеров в димерной элементарной ячейке агрегата рибофлавина $V_{12} = 3000 \text{ см}^{-1}$, что является характерным для сильной диполь-дипольной связи между молекулами, наблюдаемые в кристаллах молекулярной природы. Резонансное время жизни экситона в таком молекулярном кристалле определялось из соотношения $t = h/2V_{12}$. Для димерной элементарной ячейки рибофлавина оно составляет величину порядка $3 \times 10^{-16} \text{ с}$. Это характерно для свободного экситона, резонансное время жизни которого короче, чем время релаксации решетки молекулярного кристалла. Скорость переноса возбуждения между молекулами в димерной

элементарной ячейке (скорость резонанса) $\nu = 1/t = 3 \times 10^{15} \text{ c}^{-1}$. Из рис.6 также следует, что разность энергии взаимодействия возбужденной и нормальной молекулой в димерной элементарной ячейке агрегата рибофлавина $\Delta D = 30000 \text{ см}^{-1}$. Сдвиг центра экситонной полосы поглощения агрегата по отношению к полосе поглощения мономерной формы рибофлавина в коротковолновую область спектра обусловлен тем, что энергия взаимодействия между молекулами в димерной элементарной ячейке в основном состоянии больше, чем в возбужденном.

Из полученных данных и в силу того, что компоненты давидовского дублета в спектре линейного дихроизма агрегата имеют приблизительно одинаковую амплитуду сделано заключение, что взаимодействующие диполи перпендикулярны друг другу. При этом радиус - вектора, соединяющий оба диполя не параллелен ни одному из них. Взаимодействуя между собой такие агрегаты, приводят к расщеплению электронно-возбужденных уровней молекул. Согласно теории молекулярных экситонов Давыдова, которую применительно к агрегатам развивали Каша и Ферстер [7,8]. Если агрегат состоит из N молекул, то происходит N кратное расщепление их возбужденных уровней. В простейшем случае при димеризации происходит двукратное расщепление уровней. Вероятность электронного перехода из основного состояния в расщепленное возбужденное состояние зависит от угла θ между направлением дипольных моментов и осью агрегата-связывающей центры молекул в агрегате. Углы между дипольными моментами переходов молекул в агрегатах определялись согласно

$$\frac{f_k}{f_d} = \frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta}$$

где f_k и f_d – силы осциллятора коротковолновой и длинноволновой полос поглощения ассоциатов. Приведённые расчёты показывают, что значения угла θ для агрегатов рибофлавина равно $\theta = 78^\circ$. При таком угле θ агрегаты рибофлавина объединяются структурой «голова-хвост».

Список литературы

1. Y.Kubo, Sh. Yahata, S.Miki, Sh.Akanuma, K. Hosoya. Blood-to-retina transport of riboflavin via RFVTs at the inner blood-retinal barrier. *Drug Metabolism and Pharmacokinetics*. 2017. V.32(1). P.92-99.
2. G.Wollensak, E.Spoerl, Th.Seiler. Riboflavin/ultraviolet-A induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *American Journal of Ophthalmology*. 2003.– № 5.– P. 620-627.
3. Ching-Yi Wu and Yu-Chie Chen. Riboflavin immobilized Fe₃O₄ magnetic nanoparticles carried with n-butyridenephthalide as targeting-based anticancer agents. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology* 2019, VOL. 47, NO. 1, 210–220
4. A.B. Witte, A.N. Leistra, P.T. Wong, S. Bharathi, K. Refior, P. Smith, O. Kaso, K. Sinniah, S.K. Choi, Atomic force microscopy probing of receptore nanoparticle interactions for riboflavin receptor targeted gold–dendrimer nanocomposites. *J. Phys. Chem. B*. 2014. V.118, №11. p.2872–2882.
5. S.Astanov, M.Z. Sharipov, A.R. Fayzullaev, E.N. Kurtaliev, N.Nizomov. Spectroscopic study of photo and thermal destruction of riboflavin. *Journal of Molecular Structure* 2014. V.1071. P.133–138.
6. G.K. Kasimova, S.Astanov, E.N. Kurtaliev, N.Nizomov. Structure of self-assembled riboflavin molecules in solutions. *Journal of Molecular Structure* 2019. V.1185. P.107–111.
7. M. Kasha, H.R. Rawls, M.A. El-Bayoumi. The exciton model in molecular spectroscopy. *Pure and Applied Chemistry*. 1965. V.11. #3. P.371-392.
8. T. Förster. Elektronenspektren gekoppelter Moleküle. *Pure and Applied Chemistry*. 1962. V. 4. #1. P.121-134.

ФОТОСТАБИЛЬНОСТЬ ВИТАМИНА В₂
В КИСЛОТНОСТИ КИСЛЫХ РАСТВОРАХ
Р.Х.Шамсиев, Г.К.Касимова, А.Р.Файзуллаев

Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан

E-mail: s.h.ostonov@rambler.ru

Фотохимические реакции с участием молекул рибофлавина был осуществлен облучением их водных растворов нефилтрованным светом от лампы ПРК-2. При этом установлено, что облучения растворов исследуемого соединения приводит к падению поглотательной способности полос с $\lambda_{\text{макс}}=265$ нм и $\lambda_{\text{макс}}=440$ нм. В этих случаях для полосы с $\lambda_{\text{макс}}=220$ нм наблюдается незначительное падение и батохромное смещение на 4 нм. В тоже время для полосы с $\lambda_{\text{макс}}=370$ нм происходит гипохромное падение с гипсохромным смещением спектра на 8-12 нм. Для облучённого раствора рибофлавина наблюдаются падения интенсивности свечения без изменения их формы спектра (рис 3 а и б). Эти получение результаты показывают, что при фотолизе рибофлавина образуются продукты деструкции с полосой поглощения $\lambda_{\text{макс}}=224$ нм и $\lambda_{\text{макс}}=360$ нм. Из анализа литературных данных установлено, что таким соединением может быть люмихром (6,7-димителаллоксазин) [1].

Фотохимические превращения молекул водного раствора рибофлавина также изучено с добавлением различных пищевых кислот[2-4]. В качестве примера на рис 4 сопоставлены фотохимические превращения молекул водного раствора рибофлавина в присутствии соленой кислоты. Как видно из рисунка 4 добавление соляной кислоты приводит к росту оптической плотности, по отношению к облученному нейтральному раствору рибофлавина.

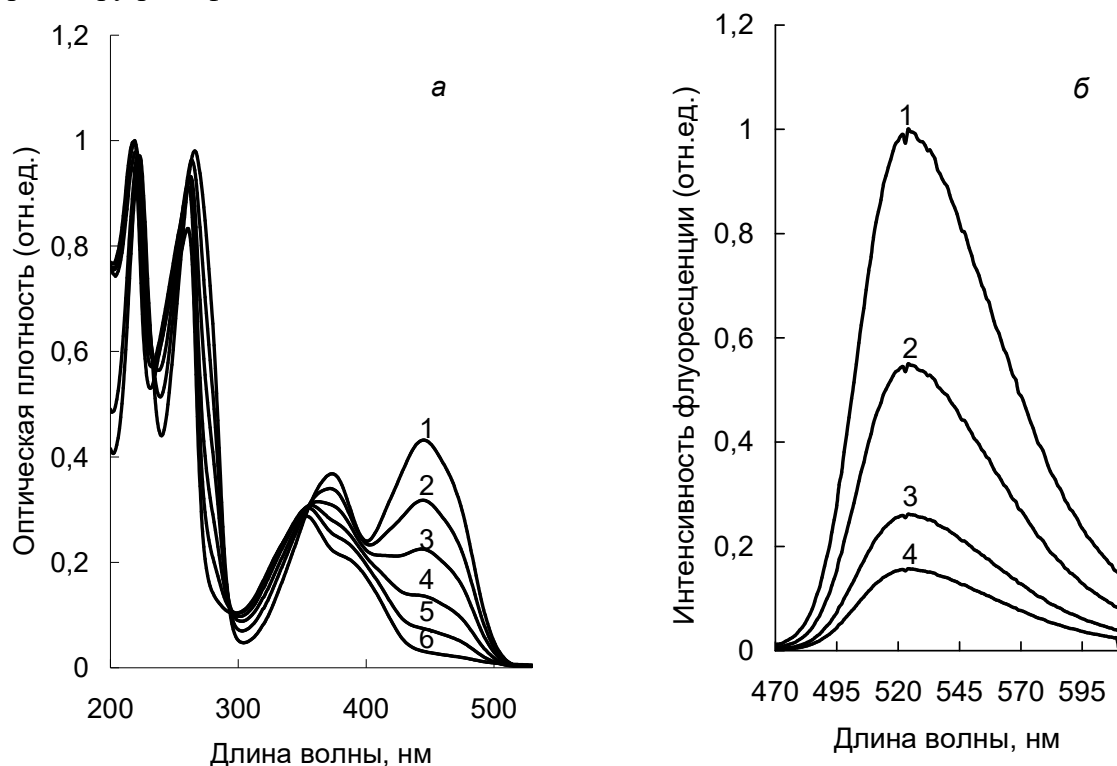


Рис.1. Спектры поглощения (а) и флуоресценции (б) водного раствора рибофлавина ($c=10^{-5}$ М) по мере облучения: 1–0, 2–22, 3–47, 4–74, 5–100, 6–160 минут

Так, например, при облучении водного раствора рибофлавина в нейтральной среде в течение 80 минут, значение оптической плотности уменьшается от 1,22 до 0,39. В то же время облучение раствора имеющего в своем составе 0,025 М и 0,05 М соляной кислоты значение оптической плотности уменьшается от 1,22 до 0,80 единиц. Дальнейшее увеличение доли HCl в растворе не приводит к существенному изменению значения оптической плотности раствора. Эти результаты показывают, что квантовый выход фотопревращения молекул рибофлавина в кислых средах по отношению к нейтральной среде уменьшается примерно в 2 раза. Уменьшение квантового выхода фотопревращения можно объяснить проявлением ММВ в результате, которого происходит присоединения протона кислот к молекуле рибофлавина. Для определения место связывания протона к молекуле рибофлавина были теоретическими расчетами определены распределения электронной плотности на атомах молекулы исследуемого соединения. Теоретические расчёты показывает, что наиболее слабым местом в структуре рибофлавина, которая бы могло привести к деструкции молекул с деформациям электронных спектров может быть разрыв связи между N -- C. Разрыв такой связи между N(4) и C (0) может привести к образованию люмихрома обладающим коротковолновом полос поглощения с $\lambda_{\text{макс}}=224$ нм и $\lambda_{\text{макс}}=360$ нм.

Из проведенных теоретических расчетов, также видно, что в молекулы рибофлавина во всех шести молекул кислорода наблюдаются накопление отрицательных зарядов, которые могут образовать водородные связи между собой, посредством протонов добавляемых кислот. Водородные связи могут, проявляются между следующими парами атомов кислорода со следующим реакции 0(1)...Н...0(3); 0(1)...Н...0(4); 0(1)...Н...0(5); 0(1)...Н...0(6). Такая реакция может препятствовать разрыва N(4) и C (0). При этом фотодеструкция последнего затрудняется и достигается фотостабильность витаминного препарата. Известно, что атомы азота в молекуле рибофлавина имеют 2 свободные электронные пары и эти электронные пары могут создать стерические препятствия при образовании водородных связей между атомами кислорода. Уменьшения pH раствора приводит к увеличению количество атома водорода в молекуле рибофлавина, что может присвить к нейтрализации электронных пар на атомах азота, в том числе на N(3). При этом увеличивается вероятности образование водородной связи между атомами кислорода.

Эти результаты показывают, что в кислых водных растворах рибофлавина происходит их фотостабильность. Экспериментально было определено степень фотостабильности водного раствора рибофлавина в зависимости от доли добавляемой кислот. Для этой цели были определены изменения значения оптической плотности (D) при длине волны с $\lambda_{\text{макс}}=445$ нм. При облучением водного раствора витамина B₂ в течение 80 минут приводит к изменению значения «D» от 1,22 до 0,39 ед. (рис 2а крив. 1,2).

На рис 2б приведена изменения значения «D» облученного раствора рибофлавина (t=80мин) в зависимости от добавления различных количеств HCl. Как видно из рис 5б по мере увеличения молярной доли соляной кислоты от 0,005 М до 0,05 М к водному раствору витамина B₂ при одинаковой времени облучения, значения «D» растёт от значения 0,39 до 0,80 ед. Дальнейшие увеличения молярной доли HCl до 0,075М не приводит к существенному изменению значения «D». В этих случаях увеличения значения «D» облученного раствора указывает на проявления процесса фотостабильности исследуемого раствора. При этом наблюдается насыщенность фотостабильности раствора витамина B₂. Аналогичные результаты стабилизация водного раствора рибофлавина наблюдаются при

добавлением лимонной, уксусной и аскорбиновых кислот. При этом также наблюдается фотостабилизация витаминного препарата [5].

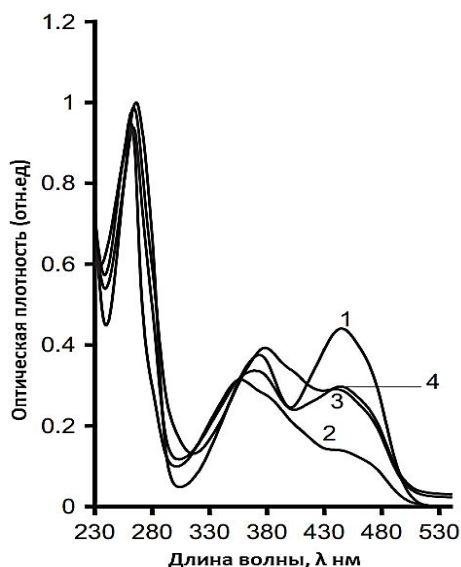


Рис. 2(а). Спектры поглощения водного раствора рибофлавина ($c=10^{-5}$ М) по мере облучения не фильтрованным светом: 1–необлученный раствор, 2–облученный раствор, 3–облученный раствор с HCl (0,025 М), 4–облученный раствор с HCl (0,05 М)

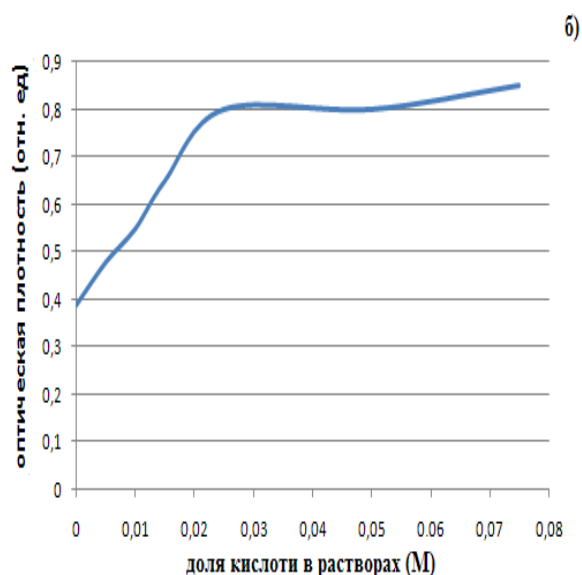


Рис. 2 (б) Зависимость оптической плотности растворов рибофлавина от доли добавляемой соленой кислоты.

Таким образом, установлено, что в кислых средах молекулы рибофлавина обладают определенной степенью протонирования, что приводит к повышению их фотостабильности по отношению к нейтральной формы более чем в 2 раза.

Литература

1. A. Wolnicka-Glubisz, A. Pawlak, M. Insinska-Rak, A. Zadlo. Analysis of photoreactivity and phototoxicity of riboflavin's analogue 3MeTARF. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. Volume 205, April 2020, 111820
2. Sheraz, M. A., Kazi, S. H., Ahmed, S., Anwar, Z., & Ahmad, I. Photo, thermal and chemical degradation of riboflavin. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 2014,10, 1999–2012.
3. Ahmad, I., Anwar, Z., Ahmed, S., Sheraz, M. A., & Khattak, S. R. (). Metal ion mediated photolysis reactions of riboflavin: A kinetic study. *Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology*, 173, 2017, 231–239.
4. Константинова–Шлезингер М.А.. Люминесцентный анализ. М.: ГИФМЛ, 1961. –с.202-203.
5. S.Astanov, M.Z.Sharipov, A.R.Fayzullaev, E.N.Kurtaliev, N.Nizomov. Spectroscopic study of photo and thermal destruction of riboflavin. *Journal of Molecular Structure*. 2014,V. 1071, P. 133-138.

СПЕКТРОСКОПИЯ САМОСБОРКИ СТИЛЬБЕНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ

С.Х.Астанов, М.З.Шарипов, Р.Х.Шамсиев

Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан

E-mail: s.h.ostonov@rambler.ru

Из анализа литературных данных следует, что проведены экспериментальные результаты, посвящённые изменениям спектрально оптических свойств производных АЭ в зависимости от природы растворителя, где наблюдается полное растворение стильбена и их производных, практически отвечают [1].

Изучена концентрационная зависимость электронных спектров в растворителях различной природы гексан, диметилсульфоксид (ДМСО), диоксан (Д-Н), диметилформамид (ДМФА) и т.д. Результаты эксперимента показали, что спектры поглощения и свечения во всех исследуемых растворителях в широком интервале концентрации остаются неизменными. Постоянность электронных спектров в широком интервалы концентраций свидетельствуют, что в этих растворителях не проявляются ММВ, которые могли бы объединить молекулы исследуемых соединений в агрегат. В исследуемых растворителях стильбен и его аминопроизводные окажутся в мономерном состоянии. Далее осуществлена, исследования в бинарных смесях растворителей (Рис.1)

Как видно из рис 1 при постоянной концентрации стильбена ($C=4 \cdot 10^{-4}$ М) при переходе от диоксанового к водным растворам наблюдается падение поглощательной способности (рис.2 крив.1-4), которая сопровождается исчезновением колебательной структуры в спектрах поглощения. Существенно следует отметить, что при постоянной концентрации стильбена в бинарных смесях Д-Н+вода и изменения соотношения наблюдается падение интенсивности их свечения (рис.1 крив.5-8).

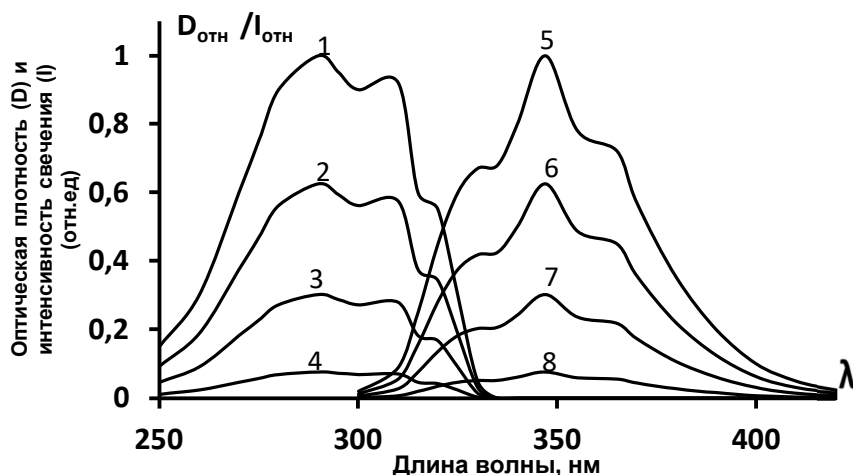


Рис.1 Спектры поглощения крив 1-4 и 5-8 флуоресценции стильбена при постоянной концентрации $C=10^{-4}$ М в зависимости от доли компонентов бинарных смесей Д-н+вода : 100 (1),(5) ; 50 (2),(6) 30 (3), (7); 10%диоксан (4),(8).

Дальнейшее увеличение, концентрации приводит к образованиям, коллоидного раствора исследуемого соединений, которые через некоторое время выпадает в осадок. Нагревание раствора с гипохромным эффектом приводит к растворению осадка и наблюдается рост интенсивности полосы поглощения (рис. 2, крив1-8). При температуре 80°C она практически совпадает со спектром поглощения, разбавленного раствора (рис.2, крив 9). Используя температурную зависимость спектра поглощения, определена энергия связи ассоциатов, которая соответствует 5,2 ккал/моль, что соответствует энергии водородной связи.

Однако, стильбен и некоторые его производные не имеют заместителей, которые могли бы образовать межмолекулярную водородную связь непосредственно между собой при их объединении в ассоциаты. Поэтому можно предположить, что ассоциация этих молекул осуществляется за счет сил Ван дер Вальса, а наблюдаемая энергия связи относится к водородной связи Д-н+вода. При повышении температуры разрушается водородная связь Д-н+вода, что приводит к увеличению количества свободных молекул диоксана в бинарной смеси. При этом молекулы стильбена, как было показано выше,

существуют в виде мономеров. На это указывает также совпадение полученных нами значений энергии связи с результатами работ [2-4], где методом комбинационного рассеяния для системы диоксан-вода получена энергия связи ~5 ккал/моль.

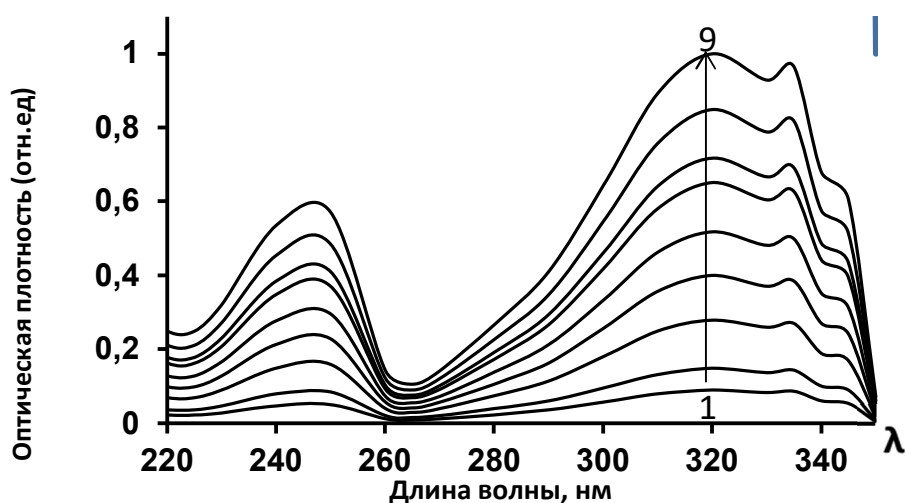


Рис.2 Температурная зависимость спектра поглощения стильбена в смеси 20%+80% Д-Н: 1-288; 2-293; 3-303; 4-313; 5-323; 6-333; 7-348; 8-353; 9-358 К.

Список литературы

1. Shachi Mishra, Pallavi Awasthi, Jagriti Singh, Rahul Kumar Gupta, Vikram Singh, Ruchir Kant, Ram Jeet, Debabrata Goswami, Atul Goel. White Light Induced E/Z-Photoisomerization of Diphenylamine-Tethered Fluorescent Stilbene Derivatives: Synthesis, Photophysical, and Electrochemical Investigation. *J. Org. Chem.* 2018, 83, 7, 3669–3678.
2. P.Borowski, W.Gac, P.Pulay, K. Wolinski, The vibrational spectrum of 1,4-dioxane in aqueous solution – theory and experiment. *New J. Chem.*, 2016. V.40. P.7663-7670.
3. Ch.Cao, Ch.Cao. Direct prediction of the solid-state fluorescence wavelength of 1-furyl/thienyl-2-arylethylene with the push-pull effect determined by NMR. *Journal of Luminescence.*V.239, (2021)118382.
4. Astanov S.H., Kasimova G.K., Abrorov A., Fayziyeva B.K. Self-assembly of tartrazine molecules in water-dimethylsulphoxide solution. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 848 (2021) 012095.

КАРБОНИЗАЦИЯ И АКТИВАЦИЯ УГЛЕРОДНОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕГРАФИТОВОГО МАТЕРИАЛА ИМЕЮЩЕГО РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Пулодов Н.Ю., Джамолзода Б.С., Муродиён А., Ботуров К., Бахдавлатов А.Д.

Физико-технический институт им С.У. Умарова НАН Таджикистана, г. Душанбе

Республика Таджикистан,

ГУ НИИМ ОАО «ТАЛКО», Республика Таджикистан

E-mail: asratbek53@mail.ru

Углеродное сырьё широко используется в народном хозяйстве, и при определенных условиях переработки из него можно получить углеграфитовые изделия имеющие уникальные свойства. Среди углеродного сырья особое место занимает антрацит. Антрацит испытывал более высокие стадии метаморфизма и имеет большой геологический возраст. Содержание углерода в нем колеблется от 90 до 96 % (по массе), и имеет относительно низкую зольность [1].

Как известно, антрацит широко используется для производства углеродных материалов различного назначения: фильтранты (для водоподготовки), адсорбенты (для очистки промышленных стоков), набоечных масс (для заполнения межблочных швов при футеровке тепловых агрегатов), бортовых и подовых блоков катодного устройства алюминиевых электролизеров, углепластиков (для производства конструкционных материалов), носитель при получении катализаторов и много другое. Следует отметить что фильтранты изготавливаются на основе сырого антрацита, а остальные выше указанные изделия изготавливаются на основе термоантрацита. Термоантрацит получают после кальцинации сырого антрацита в прокалочных вращающихся трубчатых печах, в стационарных печах, или в аппаратах «кипящего слоя».

Фильтранты и адсорбенты должны иметь пористую структуру. Пористость создаётся при определенных условиях обработки антрацита. Республика Таджикистан богат высококачественными антрацитами и в основном расположены в Раштском районе с промышленным и прогнозным запасами около 200 млн. тонн и носит название месторождения Назарайлок.

Антрациты месторождения Назарайлок имеет 16 пластов, и самые качественные пласты считаются пласты №№ 4 и 6 что не требуется предварительного обогащения. Усредненные качественные показатели указанных пластов следующее, % (масс.): С-91,5; S-0,25; N-1,02; H-3,5; золы – 3,0; O-1,5; летучесть – 9,0; УЭС – $1,5 \cdot 10^6$ Ом·мм²/м; плотность органической массы – 1400 кг/м³ [2].

Цель настоящей работы заключается изысканию возможности использования антрацита месторождения Назарайлок в производстве анодов, пористых углеродных материалов, например, фильтрантов и адсорбентов.

Среди углеродных материалов особое место также занимает нефтяной кокс. Прокалённый (карбонизированный) сырой нефтяной кокс широко используются в производстве анодов алюминиевых электролизеров [3]. Цель карбонизации заключается в удалении летучих органических компонентов из состава углеродного сырья и создать первичную пористую структуру. Необходимо отметить, что имеется некоторое отличие в структуре карбонизованного антрацита и нефтяного кокса. Для сравнения обоих углеродных материалов карбонизацию проводили при температуре 1150 ± 50 °С с доступом воздуха на вращающиеся барабанной промышленной печи ОАО «ТАЛКО».

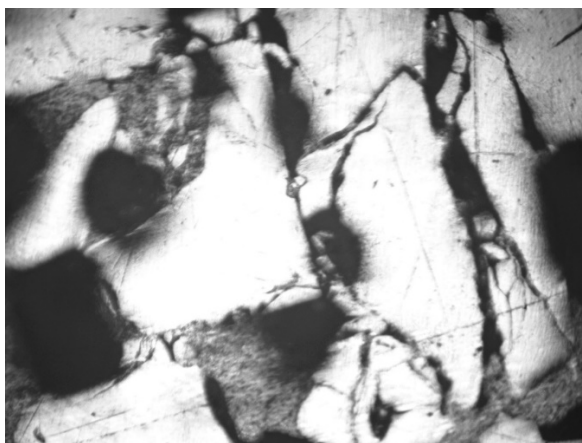


Рисунок 1. Структура сырого антрацита (500^x)

На рисунках 1,2 приведены структура сырого, прокалённого антрацита, а на рисунке 3 структура прокалённого (карбонизованного) нефтяного кокса. Как видно из рисунков 2,3 структура карбонизованного антрацита сильно не отличается от карбонизованного нефтяного кокса. В таблице 1 приведена твёрдость образцов антрацитов и нефтяного кокса, измеренного на универсальном твердомере HBRV-187.5D. Как видно из таблицы 1 твердость карбонизованного антрацита больше относительно карбонизованного нефтяного кокса. Это, по-видимому, связано с относительно высокой зольностью антрацита по сравнению нефтяного кокса.

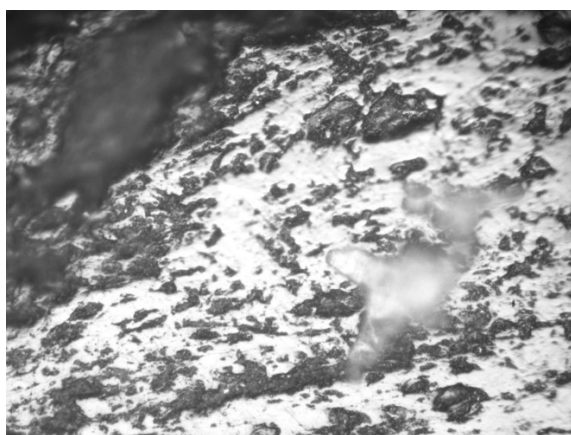


Рисунок 2. Структура прокаленного антрацита (500^x)

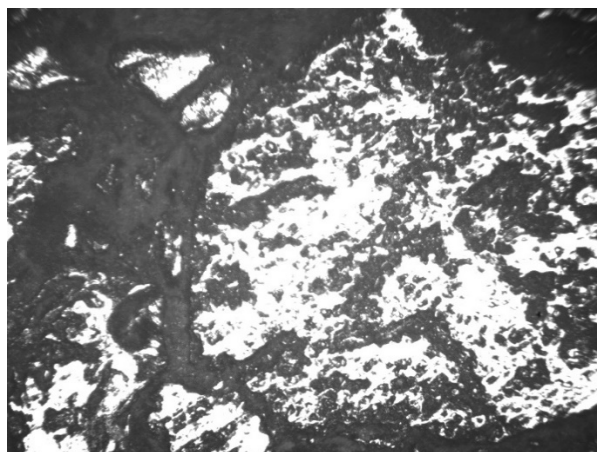


Рисунок 3. Структура прокаленного нефтяного кокса (500^x)

Далее из такого антрацита и нефтяного кокса в соотношениях 20,0/80,0 % приготовилась шихта, а в качестве связующего в количестве 16% (по массе) от общего количества шихты вводился каменноугольный пек. После тщательного смешивания в смесителе лабораторные образцы подвергались обжигу при температуре 1200 ± 10 °С. Ниже приведены физико-механические показатели лабораторных образцов обожженных анодов; кажущаяся плотность – $1,40 \text{ г/см}^3$; истинная плотность – $1,80 \text{ г/см}^3$; УЭС – $87 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; механическая прочность – 235 кгс/см^2 , соответствовал технологической инструкции ТИ – 097 – 0113; «Обожженных аноды».

Далее из карбонизованного антрацита с помощью специального парогенератора пропускались углекислого газа и пара получали активированный уголь (адсорбент). В таблице 2 приведены прочностные показатели и суммарный объем пор по воде исходного, карбонизованного антрацита, а также активированного угля (антрацита). Для сравнение

приведен кварцевый песок привезенного из Худжанда Согдийской области Республики Таджикистан.

Таблица 1

Твёрдость образцов антрацитов и нефтяного кокса, измеренного на универсальном твердомере HBRV-187.5D

№ п.п.	Образец	Шкала	Нагрузка, кгс	Твёрдость по HR		твёрдость HB, кгс/мм ²
1	Сырой антрацит зольность, 1,5 %	HRA	60	69,5	65,83≈66	293
				61,5		
				66,5		
2	Прокал. антрацит зольность, 1,0 %	HRA	60	97	85	713
				59		
				99		
3	Нефт. кокс зольность, 0,5 %	HRA	60	66,5	70,66	396
				99		
				46,5		
4	Прокал. антрацит зольность, 3 %	HRA	60	59,0	70,16	390
				71,0		
				80,5		

Таблица 2

Прочностные показатели и суммарный объем пор по воде исходного, карбонизированного и активированного антрацитов [4].

Показатели	исходный антрацит	карбониз. антрацит	активир. антрацит	кварцевый песок
Истираемость, %	0,312	0,385	0,290	0,295
Измельчаемость, %	3,06	2,90	3,62	2,84
Прочность, %	96,50	97,6	92,33	96,86
Микротвёрдость, кгс/мм ²	35,0	40,5	30,11	-
Суммарный объем пор по воде, см ³ /г	0,0712	0,0815	0,0924	0,0682

Как видно из таблицы 2 все показатели качества антрацита исходного не уступает кварцевому песку, что можно использовать в качестве фильтранта для очистки вод от механических примесей. Карбонизированного и активированного антрацитов можно использовать для очистки промышленных вод от взвешанных и коллоидных частиц.

Таким образом, антрацит месторождения Назарайлок по совокупности проведенных исследований показаны возможности использования его в качестве сорбционного материала для очистки хозяйственно – питьевых и промышленных вод от механических примесей.

Литература

1. Кураков Ю.И. Сырьевая база антрацитов Российского Донбасса для производства углеродных материалов. Дисс. докт. техн. наук. - М: 2005. -259 с.

2. Ёров З.Ё., Кабиров Ш.О., Муродиён А., Сироджев Н.М. Минерально-сырьевая база химико-металлургической промышленности Таджикистана. Душанбе: Изд-во «Мега-Босым», Стамбул. – 413 с.
3. Янко Э.А. Аноды алюминиевых электролизеров. – М: Изд-во «Руда и металлы», М.: 2003. 700 с.
4. Муродиён А., Пулодов Н.Ю., Джамолзода Б.С., Одиназода Х.О. Комплексное исследование качества антрацитов месторождения Назарайлок как сырья для получения сорбционных материалов. Вестник технологического университета, г. Казань, - 2023. - Т. 26, №6. – С. 40-44.

СОДЕРЖАНИЕ

<p>Т.Х.Салихов, Ф.Шокир – Конференсия илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ дар мавзуи «Рушд ва дастовардҳои илми физика дар солҳои истиқлолият», бахшида ба 32-солагии Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон</p> <p>Т.Х.Салихов, Ф.Шокир – Республиканская научно-практическая конференция «Развитие и достижения физической науки в годы независимости», посвященная 32-летию Государственной независимости Республики Таджикистан.</p> <p>Т.Кh.Salikhov, F. Shokir – Republican scientific and practical conference «Development and achievements of physical science in the years of independence», dedicated to the 32nd anniversary of the state Independence of the Republic of Tajikistan</p> <p>И.Н.Ганиев, Ф.Холмуродов – Теплофизические и термодинамические свойства алюминиево-железowego сплава АЖ2.18 с редкоземельными металлами цериевой подгруппы</p> <p>Т.Х.Салихов, А.А.Абдурахмонов – Математическая модель генерации тепловых волн в диэлектриках при облучении гармонически модулированным ионным пучком</p> <p>С.Ф.Абдуллаев, А.М.Чураев, В.А.Маслов, С.Р.Шарипов, Ш.Х.Халифаева, Р.Р.Ваҳобов – Дастовардҳои соҳаи физикаи атмосфера дар солҳои Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон: дурнамои ҳамкорӣ бо марказҳои илми байналмилалӣ</p> <p>Ф.Шокир – Математическое моделирование квантовых систем с высоким значением спина: корреляционные функции ориентированных состояний</p> <p>Х.Ф.Махмудов – Разработка новых установок и методов исследования и контроля процессов разрушения геоматериалов и горных массивов</p> <p>А.А.Абдурасулов, Д.А.Абдурасулов – О температурной зависимости теплоёмкости нематических жидких кристаллов в окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ</p> <p>С. Одинаев, Р.С.Махмадбегов, Д.М.Акдодов – Статистическая теория диэлектрических свойств водных растворов электролитов</p> <p>В.Д.Абулхаев, М.А.Балаев, И.Н.Ганиев, Х.Х.Назарзода, Б.Д.Сайдалиев, С.О.Убайдов – Диаграмма состояния системы $Tb_5Vi_3 - Er_3Vi_3$</p> <p>И.Н.Ганиев, Ф.Ш.Зокиров, Р.Дж.Файзуллоев, М.М.Махмадизода – Температурная зависимость изменений термодинамических функций алюминиевого проводникового сплава $AlTi0.1$ с кальцием</p> <p>В.Д.Абулхаев, М.А.Балаев, И.Н.Ганиев, Х.Х.Назарзода, Б.Д.Сайдалиев, С.О.Убайдов – Синтез и магнитные свойства твердых растворов системы $Tb_5Vi_3 - Ho_5Vi_3$</p> <p>Дж.Рашидов, А.Мирзо, Р.К.Ниязбекова, Д.М.Шарифов., Г.Е.Сатаева, Г.М. Мухамбетов, М.А.Серекпаева, А.А.Ибжанова, А.А.Баратова – Исследование оптических свойств углеродсодержащих нанокompозитных полимерных плёнок на основе полистирола</p> <p>З.Н.Юсупов – Омӯзиши раванди вайроншавии алоқаҳои адгезионӣ бо методҳои муосири физикӣ</p> <p>И.Н. Ганиев, Ф. Холмуродов, А.Г.Сафаров, Э.Н. Эсанов – Исследование удельной теплоемкости сплава АЖ2.18 легированного празеодимом</p>	<p>3</p> <p>5</p> <p>7</p> <p>9</p> <p>17</p> <p>20</p> <p>24</p> <p>29</p> <p>40</p> <p>44</p> <p>47</p> <p>50</p> <p>53</p> <p>57</p> <p>62</p> <p>66</p>
---	---

К. Комилов, А.К. Зарифзода – <i>Анизотропия скорости звука в магнитных жидкостях</i>	68
И.Н.Ганиев, Ф.Холмуродов, А.Г.Сафаров, Ф.Р. Одинаев – <i>Исследование теплоемкости алюминиевого сплава АЖ4.5 со свинцом в зависимости от температуры</i>	71
К.Б.Нуров – <i>Распространение звука в антимониде индия</i>	73
И.Н.Ганиев, А.Х.Одинаев, Ф.К.Ходжаев, Х.М.Ходжаназаров – <i>Влияние бария на теплофизические свойства и термодинамические функции свинцового баббита Б (PbSb₁₅Sn₁₀)</i>	75
М.М.Кабилов, Б.Дж.Гулбоев, Ф.Дж.Гулбоев – <i>Анализ расчётных характеристик стационарной волны горения водородовоздушной смеси в инертной пористой среде</i>	79
К.Б.Нуров – <i>Акустические исследования структурных изменений при нагреве расплавов германия и кремния</i>	82
М.М. Кабилов, З.Б. Шерматова – <i>Структура волны фильтрационного горения газов при отводе тепла из зоны горения</i>	86
И.Н.Ганиев, Дж.Х.Джайлоев, А.М.Сафаров, Ё.Дж.Холов, Х.М.Ходжаназаров – <i>Теплоемкость алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi («Алдрей») с кадмием</i>	90
М.У.Султанов, С.К.Юлдашев, К.Х.Яхшибоев, Г.Ю.Нодиров – <i>Быстротные спектры π-мезонов в центральных dC-, cC- и cTa-столкновениях при 4.2 АГэВ/с и их сравнительный анализ</i>	93
Р.Ибадов – <i>Теории поля с фундаментальной массой</i>	97
С.Зайнудинов, Н.С. Салимов – <i>Отражение опор квантовой физики в мировоззрении Авиценны</i>	102
Т.Н.Исмаатов, Т.Х.Салихов – <i>К теории генерации акустических волн в металлах под действием пучка быстрых тяжелых ионов</i>	107
Х.Б. Шарипов, К. Ботуров, Дж. Валиев, Г. Менгиярова – <i>Гидротермальный синтез наночастиц диоксида титана</i>	110
Х.Гафуров – <i>К вопросу выбора режима синхронизации мод в лазерах на квантовых точках</i>	113
Ф.К. Ходжаев – <i>Термодинамическая активность и свободная энергия гиббса сплавов свинца с некоторыми переходными металлами (O, Al, Si, S, Ga, Rb, U)</i>	118
Э.У.Арзикулов, Ф.Салахитдинов, Ф.Холмуродов, М. Ташбоев – <i>Колебательные спектры в монокристалле GaP</i>	120
Ходжаев Ю.П., Салихов Т.Х., Сулаймонов А.Э., Махмалатиф А. – <i>Вклад релаксации потока тепла на характеристики основной гармоники нелинейного фотоакустического сигнала в конденсированных средах</i>	123
D.D. Nematov, A.S. Burkhonzoda, Kh.T. Kholmurodov, A.I. Lyubchyk, S.I. Lyubchyk, S.B. Lyubchyk – <i>Comparative study of the structural stability of ZrO₂: phase transitions and fermi level shift</i>	125
М.Махмудзода, В.В.Ешов, J.Н.Jayloev, R.Исмоилов – <i>Investigation of electrochemical corrosion properties of a new composite material obtained based on aluminum</i>	131
Ш.Ш.Шоёкубов, К.Ботуров, Т.М.Алидодов, И.С.Хомидзода, Дж.Ш.Валиев – <i>Потенциал свободнопоточной гидроэнергетики реки Зеравшан</i>	133

Н.Н. Умаров, М.Н. Рахматов, С.Ф. Абдуллаев – <i>Применение логистической модели для прогноза концентрации тяжёлых металлов в почвах</i>	136
Р.З. Сайфуддинова, Н.А. Абдурасулова, С. Юнусова, Р.Р. Вахобов – <i>Таркиби кимиёвии гиёҳи пудинагӣ ва аҳамияти он</i>	140
Н.Р. Валиев – <i>Нақши металлҳои вазнин дар растаниҳои шифобаҳи дар мисоли чоқла (<i>Inula Helenium L</i>)</i>	143
Р.Р. Вахобов, Р.Я. Акрамова, Ш.Б. Ятимова, Ҷ.Я. Мусоева – <i>Радиатсияи офтобӣ ва саломати инсон</i>	146
К.А. Нодиров, С.Ф. Абдуллаев, Р.Я. Акрамова – <i>Тағйирёбии иқлим дар минтақаҳои кӯҳӣ</i>	148
Н. Рузи – <i>Установки и использования солнечных фотоэлектрических станций по республике таджикистан для автономного энергоснабжения фермерских семей</i>	151
М.А. Салиев, А.С. Кодиров, Ф.О. Мирзоқобилова, С.Ф. Абдуллаев – <i>Оценка влияния облачности на работу солнечных установок</i>	157
З.Ш. Юлдашев – <i>О потребительской энергетической системе</i>	160
Д.А. Абдушукуров, Ф. Холмуродов, Д.Ф. Стоцкий, С.Ф. Бобозода, З.Набиева – <i>Природная радиоактивность на берегах рек центрального таджикистана</i>	165
С.Р. Шарипов, С.Ф. Абдуллаев, А.М. Чураев, Ш.Б. Ятимова – <i>Воридишавии чангу зубор дар таърихи рӯзи 16 – 20.07.2023 ба ш. Душанбе</i>	169
Ш. Ш. Шодиев – <i>О характеристиках влажности атмосферного воздуха территорий ледников Северного Таджикистана</i>	173
М.Ҷ. Шомаҳмадов, Х.И. Қодирова, С.Ф. Абдуллаев – <i>Таҳқиқоти металлҳои вазини Ni, Co, Cu, Zn дар таркиби гиёҳҳои шифобаҳи</i>	176
Ш.Х. Халифаева, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов – <i>Расчёт обратных траекторий воздушных масс с наибольшим содержанием Zn, As и Pb в атмосферном аэрозоле Южного и Центрального Таджикистана</i>	180
Ш.П. Шозиёев, Р.С. Махмадбегов – <i>ИК-анализ лессовых грунтов на территории г. Душанбе</i>	183
А.Қ. Қаюмзода – <i>Рушди омӯзиши кайҳон дар Тоҷикистон</i>	186
К. Ботуров, З.Ш. Юлдашев, Х.Ф. Махмудов, Ш.И. Мирзоев, С.С. Назаров, Р.З. Юлдашев – <i>Инвазионные устройства для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов и энергоёмкости работы насосного агрегата</i>	189
Ф. Шокир, Қ.М. Азизшоев, Ш.Х. Ҳомидзода, А.Н. Лақаев, Х.А. Қадамалиев – <i>Экспедиция илми «Помир – 2023»: дурнамои рушд</i>	192
И.Н. Ганиев, Саидова Ф.Р., С.У. Худойбердизода, С.С. Савдуллоева, Н.А. Аминова – <i>Коэффициент теплоотдачи алюминиевого сплава типа дюралюмин AlMg5.5Li2.1Zr0.15 с кальцием</i>	195
У.Дж. Рахимова – <i>Электрооптические свойства полимерно-жидкокристаллических композитов под действием внешнего поля</i>	197
Ф. Шокир, Т.А. Тошов – <i>Фононные моды в спин-Пайерлсовских моделях</i>	200
А.Р. Мукумов – <i>Разделение атмосферных ливней по массам в диапазоне энергий 100 нэв-1ээв с помощью мюонного треккера для высокогорных условий</i>	203
И.Н. Ганиев, Ф.Ш. Зокиров, Р.Дж. Файзуллоев, М.М. Махмадизода – <i>Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи алюминиевого</i>	

<i>проводникового сплава AlTi0.1 C барием</i>	206
A.S. Burkhonzoda, D.D. Nematov, Kh.T. Kholmurodov, S.M. Mahmudova, Sh.Kh. Khalifaeva, Q.M. Azizshoev, U.J. Rahimova, F.G. Yusupov, F. Shokir – <i>Electronic structure and optical properties of CsCuX3 (X=Cl, Br, I): an ab initio study</i>	209
М.Ш.Имом, С.Ф. Одинаев – <i>Анализ временных совпадений нейтронов и гамма-квантов методом цифрового удаления наложенных импульсов</i>	213
А.Р.Мукумов – <i>Способ определения энергии первичных космических лучей для высокогорных установок</i>	218
И.Н.Ганиев, А.Х.Одинаев, Ф.К.Ходжаев, Х.М.Ходжаназаров – <i>Анодное поведение свинцового баббита БТ (PbSb15Sn10), со стронцием в среде электролита NaCl</i>	222
С.Х.Астанов, Г.К.Касимова, Ф.А.Салахитдинов – <i>Энергия электронных состояний рибофлавина в различных мономерах и агрегатах</i>	224
Р.Х.Шамсиев, Г.К.Касимова, А.Р.Файзуллаев – <i>Фотостабильность витамина B₂ в кислотности кислых растворах</i>	228
С.Х.Астанов, М.З.Шарипов, Р.Х.Шамсиев – <i>Спектроскопия самосборки стильбена и его производных</i>	230
Н.Ю.Пулодов, Б.С.Джамолзода, А.Муродиён, К.Ботуров, А.Д.Бахдавлатов – <i>Карбонизация и активация углеродного сырья с целью получения углеграфитового материала имеющего различного назначения</i>	232
Содержание	237

**ИНСТИТУТИ ФИЗИКАЮ ТЕХНИКАИ БА НОМИ С.У. УМАРОВИ
АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. С.У. УМАРОВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ТАДЖИКИСТАНА**

**S.U. UMAROV PHYSICAL-TECHNICAL INSTITUTE
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF TAJIKISTAN**

МАВОДҲОИ

Конференсияи илмӣ-амалии ҷумхуриявӣ дар мавзуи «**Рушд ва дастовардҳои
илми физика дар солҳои истиқлолият**», бахшида ба **32-солагии
Истиқлолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон**



МАТЕРИАЛЫ

Республиканской научно-практической конференции «**Развитие и
достижения физической науки в годы независимости**», посвященной **32-
летию Государственной независимости Республики Таджикистан**



PROCEEDINGS

of the Republican scientific and practical conference «**Development and
achievements of physical science in the years of independence**», dedicated to
the **32nd anniversary** of the State Independence of the Republic of Tajikistan

Редакция и корректура – Т.Х.Салихов, Ф.Шокир, М.М.Каюмов

*Авторы материалов несут ответственность
за грамматические ошибки и опечатки в предоставленных рукописных текстах*