

ISSN 2410-4221  
2026/№2(36)

# ПАЁМИ

ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ ДАНҒАРА

Бахши илмҳои табиӣ

2026. № 2 (36)

# ВЕСТНИК

ДАНГАРИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО

УНИВЕРСИТЕТА

Серия естественных наук

2026. № 2 (36)

# BULLETIN

OF DANGARA STATE UNIVERSITY

Series of natural science

2026. № 2 (36)

[www.vestnik.dsu.tj](http://www.vestnik.dsu.tj)

№ 2 (36)

Данғара – 2026

**ПАЁМИ ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ ДАНҒАРА  
БАХШИ ИЛМҲОИ ТАБИЙ**

*Маҷалла соли 2015 таъсис ёфта, дар як сол 4 шумора ба нашр расонда мешавад.  
ISSN 2410-4221*

**Сармуҳаррири маҷалла:**

**Хайрзода Ш.Қ.** – доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор,  
ректори МДТ Донишгоҳи давлатии Данғара.

**Муовини сармуҳаррир:**

**Олимзода Р.А.** – номзади илмҳои химия, дотсент, муовини ректор  
оид ба илми Донишгоҳи давлатии Данғара.

**Муҳаррири техникӣ:**

**Садриддинзода С.С.** – номзади илмҳои техникӣ, дотсент, Донишгоҳи давлатии Данғара.

**Муассиси маҷалла:**

*МДТ Донишгоҳи  
давлатии Данғара*

*Маҷалла дар шохиси иқтибосҳои  
илми Русия (РИНЦ)  
таҳти рақами №221-07/2021  
ворид карда шудааст.*

*Маҷалла дар Вазорати фарҳанги  
Ҷумҳурии Тоҷикистон № 215/МҶ-97  
аз 20 августи соли 2021 ба қайд  
гирифта шудааст*

*Маҷалла бо забонҳои тоҷикӣ, русӣ  
ва англисӣ нашр мегардад.*

*Матни нурраи маводи ҷопшуда дар  
сомонаи расмии маҷалла  
([vestnik.dsu.tj](http://vestnik.dsu.tj)) ҷойгир карда  
шудааст.*

*Дар маҷалла мақолаҳои илми соҳаҳои  
илмҳои зерин нашр карда мешаванд:*

**01.01.00 – Математика,**

**01.04.00 – Физика,**

**02.00.00 – Химия.**

*Сомонаи маҷалла: [vestnik.dsu.tj](http://vestnik.dsu.tj)*

**Е-mail: [vestnik@dsu.tj](mailto:vestnik@dsu.tj)**

**Тел: (833 12)22802**

*Паёми Донишгоҳи давлатии  
Данғара – 2026. № 2 (36).*



**Ҳайати таҳририя:**

**01.01.00 – Математика**

**Раҷабова Лутфия** – доктори илмҳои физика –  
математика, профессор (ДМТ);

**Одинаев Раим Назарович** – доктори илмҳои физика –  
математика, профессор (ДМТ);

**Мирзоев Сайъло Ҳабибуллоевич** – доктори илмҳои  
техникӣ, профессор (ДМТ);

**Пиров Ҳайдарҷон Ҳокимҷонович** – номзади илҳои  
физика-математика (ДДД).

**01.04.00 – Физика**

**Солихзода Давлат Қуват** – доктори илмҳои физика-  
математика, профессор (ДМТ);

**Махсудов Барот Исломович** – доктори илмҳои физика-  
математика, профессор (ДМТ);

**Ҷўраев Ҳайрулло Шарофович** – доктори илмҳои  
физика-математика (ДМТ);

**Ақдодов Донаёр Мавлобахшович** – доктори илмҳои  
физика-математика, профессор (ДМТ);

**Ҳочазода Тохир Абдулло** – доктори илмҳои физика-  
математика (ДМТ);

**Олимӣ Ашурали Рамазон** – н.и.ф.-м., доктори илмҳои  
педагогӣ (ДДД);

**02.00.00 – Химия**

**Атрощенко Юрий Михайлович** – доктори илмҳои  
химия, профессор (ДДПТ ба номи Л.Н. Толстой,  
Тула, Россия);

**Шахкельдян Ирина Владимировна** – доктори илмҳои  
химия, профессор (ДДПТ ба номи Л.Н. Толстой,  
Тула, Россия);

**Каримзода Маҳмадқул Бобо** – доктори илмҳои химия,  
профессор (ДМТ);

**Бандаев Сирочиддин Гадович** – доктори илмҳои  
химия, профессор (ДДОТ ба номи С. Айнӣ);

**Ғафуров Бобомурод Абдуқаҳорович** – доктори илмҳои  
химия, профессор (ДДБ ба номи Н. Хусрав, Бохтар);

**Раҷабзода Сирочиддин Икром** – доктори илмҳои  
химия, профессор (ДМТ);

**Исозода Диловар Тариқ** – н.и.х., доктори илмҳои  
техникӣ, дотсент (ДЭТ, Бохтар);

**Мухторов Лоик Гургович** – номзади илмҳои  
химия, дотсент (ДДПТ ба номи Л.Н. Толстой,  
Тула, Россия);

**Раҷабов Сайдалӣ** – номзади илмҳои химия (ДДД).

**ВЕСТНИК ДАНГАРИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
СЕРИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

*Журнал основан в 2015 году, выпускается 4 номера в год.*

**ISSN 2410-4221**

**Главный редактор**

**Хайрзода Ш.К.** – доктор экономических наук, профессор,  
ректор ГОУ Дангаринского государственного университета.

**Зам.глав. редактора**

**Олимзода Р.А.** – кандидат химических наук, доцент, проректор по науке  
Дангаринского государственного университета.

**Технический редактор:**

**Садриддинзода С.С.** – кандидат технических наук, доцент, Дангаринский государственный университет.

*Учредитель журнала:*

*ГОУ Дангаринский  
государственный университет*

*Журнал включен в базу данных  
Российского индекса научных  
цитирований (РИНЦ)  
(№221-07/2021)*

*Журнал зарегистрирован в  
Министерстве культуры  
Республики Таджикистан  
Свидетельство № 215/МЧ-97  
от 20 августа 2021 года*

*Журнал издается на таджикском,  
русском и английском языках.*

*Полный текст опубликованного  
материала доступен на официальном  
сайте журнала ([vestnik.dsu.tj](http://vestnik.dsu.tj))*

*В журнале печатаются научные  
статьи по следующим отраслям:*

**01.01.00 – Математика,**

**01.04.00 – Физика,**

**02.00.00 – Химия.**

*Сайт журнала: [vestnik.dsu.tj](http://vestnik.dsu.tj)*

*E-mail: [vestnik@dsu.tj](mailto:vestnik@dsu.tj)*

*Тел: (833 12) 22802*

*Вестник Дангаринского  
государственного  
университета – 2026. № 2 (36).*



**Члены редколлегии:**

**01.01.00 – Математика**

**Раджабова Лутфия** – доктор физико-математических наук, профессор, (ТНУ);

**Одинаев Раим Назарович** – доктор физико-математических наук, профессор, (ТНУ);

**Мирзоев Саягло Хабибуллоевич** – доктор технических наук, профессор, (ТНУ);

**Пиров Хайдаржон Хокимжонович** – кандидат физико-математических наук, (ДГУ).

**01.04.00 – Физика**

**Солихзода Давлат Куват** – доктор физико-математических наук, профессор (ТНУ);

**Махсудов Барот Исламович** – доктор физико-математических наук, профессор (ТНУ);

**Джураев Хайрулло Шарофович** – доктор физико-математических наук (ТНУ);

**Акдонов Донаёр Мавлобахшович** – доктор физико-математических наук, профессор (ТНУ);

**Ходжазода Тахир Абдулла** – доктор физико-математических наук (ТНУ);

**Олими Ашурали Рамазан** – к.ф.-м.н., доктор педагогических наук (ДГУ);

**02.00.00 – Химия**

**Атрощенко Юрий Михайлович** – доктор химических наук, профессор (ТГПУ им. Л.Н. Толстого, Тула, Россия);

**Шаккельдян Ирина Владимировна** – доктор химических наук, профессор (ТГПУ им. Л.Н. Толстого, Тула, Россия);

**Каримзода Махмадкул Бобо** – доктор химических наук, профессор (ТНУ);

**Бандаев Сироджиддин Гадович** – доктор химических наук, профессор (ТГПУ им. С. Айни);

**Гафуров Бобомурод Абдукахорович** – доктор химических наук, профессор (БГУ им. Н. Хусрава, г. Бохтар);

**Раджабова Сироджиддин Икром** – доктор химических наук, профессор (ТНУ);

**Исозода Диловар Тарик** – к.х.н., доктор технических наук, доцент (ТЭИ, Бохтар);

**Мухторов Лоик Гургович**, кандидат химических наук, доцент (ТГПУ им. Л.Н. Толстого, Тула, Россия);

**Раджабов Саидали** – кандидат химических наук (ДГУ).

**BULLETIN OF DANGARA STATE UNIVERSITY  
SERIES OF NATURAL SCIENCES**

*The magazine was founded in 2015 and issues 4 number in year.*

**ISSN 2410-4221**

**Chief Editor:**

**Khayrzoda Sh.K.** – Doctor of Economic Sciences, Professor, rector of SEI Dangara State University.

**Deputy Head editor:**

**Olimzoda R.A.** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research at Dangara State University.

**Technical editor:**

**Sadriddinzoda S.S.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dangara State University.

*Journal founder:*

*SEI Dangara State University*

*The journal is included in the  
Database of the Russian Science Citation  
Index (RSCI) № 221-07/2021*

*The magazine is registered  
with the Ministry of Culture  
of the Republic of Tajikistan  
Certificate No. 215/MQ-97  
dated August 20, 2021.*

*The magazine is printed in Tajik,  
Russian and English languages*

*The full text of the published materials  
are available on the official website of  
the journal ([vestnik.dsu.tj](http://vestnik.dsu.tj)).*

*The magazine publishes scientific articles  
in the following areas:*

**01.01.00 – Mathematical,  
01.04.00 – Physical,  
02.00.00 – Chemistry.**

*Journal website: [vestnik.dsu.tj](http://vestnik.dsu.tj)*

*Email: [vestnik@dsu.tj](mailto:vestnik@dsu.tj)*

*Tel: (833 12) 22802*

*Bulletin of Dangara State University  
- 2026. No. 2. (36).*



**Member of the Editorial Board:**

**01.01.00 - Mathematics**

**Rajabova Lutfiya** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, (TNU);

**Odinaev Raim Nazarovich** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, (TNU);

**Mirzoev Sayalo Habibulloevich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, (TNU);

**Pirov Haydarjon Hokimjonovich** – Candidate of physical and mathematical sciences, (DSU).

**01.04.00 - Physics**

**Solihzoda Davlat Kuvat** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor (TNU);

**Makhsudov Barot Islomovich** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor (TNU);

**Juraev Khairullo Sharofovich** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences (TNU);

**Akdodov Donayor Mavlobakhshovich** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor (TNU);

**Khojzoda Tohir Abdullo** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences (TNU);

**Olimi Ashurali Ramazon** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences (DSU).

**02.00.00 – Chemistry**

**Atroshchenko Yuri Mikhailovich** – Doctor of Chemical Sciences, Professor (TSPU, Tula, Russia);

**Irina Vladimirovna Shakkeldyan** – Doctor of Chemical Sciences, Professor (TSPU, Tula, Russia);

**Karimzoda Mahmadvul Bobo** – Doctor of Chemical Sciences, Professor (TNU);

**Bandaev Sirojiddin Gadoevich** – Doctor of Chemical Sciences, Professor (TSPU named after S. Aini);

**Gafurov Bobomurod Abdulkakhorovich** – Doctor of Chemical Sciences, Professor (BSU named after N. Khusrav, Bokhtar);

**Rajabzoda Sirojiddin Ikrom** – Doctor of Chemical Sciences, Professor (TNU);

**Isodzoda Dilovar Tariq** – Candidate of Chemical Sciences, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (TEI, Bokhtar);

**Mukhtorov Loik Gurgovich** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor (TSPU, Tula, Russia);

**Rajabov Saydali** – Candidate of Chemical Sciences (DSU).

УДК 51:004. 94:514

## ТАТБИҚИ МОДЕЛСОЗИИ МАТЕМАТИКӢ ВА КОМПЮТЕРӢ ВОСИТАИ МУҲИМ ДАР РАВАНДИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲОИ ГЕОМЕТРӢ

(Дар мисоли сохтани секунҷаҳо)

**Шарофиддин Юсуфӣ, \*Восидов Ш.Ю.**

**Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав**

**\*Донишгоҳи миллии Тоҷикистон**

Ҳар як фан таърих, макон ва сабабҳои пайдоиши худро дорад, ки барои пешрафти ҷамъият эҷод шудааст, ҳамчунин ба ҳаёту фаъолияти минбаъдаи мо таъсири мусбии худро мерасонад. Аз ҷумла Бурҳонов У. дар китоби дарсии худ роҷеъ ба таърих ва макони пайдоиши геометрия чунин ёдоварӣ намудааст: «Геометрия ба мисли алгебра таърихи қадим дорад. Ин илм дар давлатҳои қадимаи Миср, Бобул ва Юнон ба вучуд омадааст» [2, саҳ. 3].

Татбиқи моделсозии математикӣ ва компютерӣ дар раванди ҳалли масъалаҳои геометрӣ барои муҳаққиқон як воситаи муҳим на танҳо барои омӯзиши табиати моро иҳотакунанда балки барои масъалаҳои ҳаёти иҷтимоии ҳаммарӯза муфид аст. Бо воситаи моделсозии математикӣ ва компютерӣ ҳар як муҳаққиқ метавонад ҳама навъи (типи, намуди) равандҳои ҳалли масъалаи муоинашавандаро таҳлил кунад, инчунин дар робита ба ин натиҷаҳои эҳтимолиро то андозае пешгӯӣ намояд, илова бар ин метавонад қарорҳои дурустро қабул ва интихоб намояд. Чунин раванди татбиқи моделсозии математикӣ ва компютерӣ дар ҳама соҳаҳои фаъолият, аз ҷумла илм, иқтисод, иҷтимоиёт ва ғайраҳо ба таври васеъ истифодабарии он ҷой дорад, ки дарк намудани моҳияти мантиқии он барои омӯзгор, муҳандис, муҳаққиқ хело ҳам зарурӣ ва саривақтӣ арзёбӣ мегардад.

Дар замони имрӯза моделсозии математикӣ ва компютерӣ ҳамчун як воситаи муҳими муассир барои татқиқоти масъалаҳои назариявӣ ва амалидошта ба таври васеъ истифода бурда мешавад ва дар доираи ҳам фанҳои дақиқ ва ҳам гуманитарӣ мавқеи назаррасро ишғол менамояд. Ин раванд барои он воситаи муҳими муассир ба ҳисоб меравад, ки ба олимон, таҳқиқотгарон ва муҳандисон имкониятҳои муфидеро фароҳам меоварад, ки равандҳои ҳалли масъалаҳои мураккабро бо хароҷоти бениҳоят кам ва аз нуқтаи назари физикӣ бехатар, ҳамчунин дар муддати кӯтоҳтарин таҳлил ва

баррасӣ намоянд. Аз ҷумла дар китоби Ҷӯраев Х.Ш чунин қайд гардидааст: «Ҳангоми моделсозии компютерӣ андозаи бузургиро муайян кардан мумкин аст» [4, с. 73].

Барои татбиқи моделсозии математикии компютерӣ дар раванди ҳалли масъалаҳои гуногунҷабҳа аз забонҳои барномасозии савияи баланд, ба монанди технологияи барномасозии Matlab, забони барномасозии савияи баланди Microsoft Visual C++, Microsoft Visual Basic, Borland Delphi ва ғайраҳо, ки ҳар кадоме аз ин барномаҳо дар худ версияҳои (шаклҳои) гуногунро доранд, ки ҳар кадоме аз муҳаққиқон, барномасозон, муҳандисон метавонанд онҳоро ҳангоми ҳалли масъалаҳои илмию педагогӣ ба таври возеҳ истифода баранд. Ба сифати модели математикии компютерӣ одатан мо технологияи барномасозии муассири муҳити Matlab-ро истифода менамоем.

Аз ҷумла дар китоби Ҷӯраев Х.Ш. оид ба ин мавзӯи муоинашаванда чунин закр гардидааст: «Муҳити Matlab – ин системаи барномасозии фарозанда барои ҳисоббарориҳои техникӣ мебошад. Matlab ҳисоббарори визуаликунонӣ ва барномасозиро дар муҳити васеи ҳисобкунии худ буда масъаларо дар шакли ҳисоббарории ададии наздик бо натиҷаи формулаи аналитикӣ ифода мекунад» [5, сах. 12].

Ҳамин нуқтаи назарро зикр кардан бағоят муҳим аст, ки он модели математикии компютерие, ки дар асоси гузориша шартӣ масъала пайдо мегардад, барои муҳаққиқ, татқиқотчӣ ва ё муҳандис ҳамчун як объекти инъикосшудаи навъе баррасӣ мегардад, ки хусусият ва хосиятҳои худро доро буда, раванди ҳалли масъалаи муоинашавандаро пурра дар худ таҷассум карда метавонад. Аз ҷумла роҷеъ ба ин гуфтаҳо Комилов Ф.С дар китоби дарсии худ чунин шарҳ додааст: «Модел (амсила) – объекти навест, ки хосиятҳои асосӣ ва муҳимтарини объект, ҳодиса ё раванди тадқиқшавандаро инъикос менамояд» [3, сах. 50].

Акнун барои гуфтаҳои дар боло зикргардидаро тасдиқ намудан як масъалаи намунавии геометрӣро муоина менамоем, ки татбиқи моделсозии математикӣ ва компютериро ҳамчун воситаи муҳими раванди ҳалли масъалаҳои геометрӣ дар мисоли сохтани секунҷаҳоро таҷассум карда тавонад.

Масъалаи №1. «Муодилаи хатти ростеро нависед, ки аз ибтидои координатаҳо ва нуқтаи буриши мединаҳои секунҷа мегузарад, ки тарафҳояш бо муодилаҳои хатҳои рости  $2x + 3y - 18 = 0$ ,  $x - 2y - 2 = 0$ ,  $6x - 5y + 2 = 0$  ҷойгиранд» [1, сах. 22-23].

Масъалаи №1 – и додашударо возеҳтар чунин баён кардан мумкин аст: «Тарафҳои секунҷа бо муодилаҳои хатҳои рости намуди  $2x + 3y - 18 = 0$ ,  $x - 2y - 2 = 0$ ,  $6x - 5y + 2 = 0$  дода шудаанд. Дар ин секунҷаи додашуда ду медиана мегузаронем. Аввал аз қуллаи А ба тарафи ВС- и секунҷа медианае мегузаронем, ки нуқтаи пайвастишударо М номгузорӣ мекунем. Дуввум аз қуллаи В ба тарафи АС- и секунҷа медианае мегузаронем, ки нуқтаи пайвастишударо N номгузорӣ мекунем. Нуқтаи буриши ду медианаи дар секунҷа гузаронидашударо О номгузорӣ мекунем» [1, саҳ. 22-23].

Раванди ҳалли масъалаи №1 –и додашударо чунин баррасӣ намудан лозим меояд.

Бигзор муодилаҳои додашуда мувофиқан хатҳои рости АВ, ВС ва АС – ро тасвир кунанд. Фарз менамоем, ки АМ ва ВN – медианаҳои секунҷаи АВС мебошанд. Акнун координатаҳои қуллаҳои секунҷаи додашударо меёбем, ки барои ин се системаи муодилаҳоро ҳал намудан лозим меояд, ки онҳо дар зер оварда шудаанд:

$$\begin{cases} 2x + 3y - 18 = 0, \\ 6x - 5y + 2 = 0. \end{cases} \quad \begin{cases} 2x + 3y - 18 = 0, \\ x - 2y - 2 = 0. \end{cases} \quad \begin{cases} x - 2y - 2 = 0 \\ 6x - 5y + 2 = 0 \end{cases}$$

Нуқтаи буриши медианаҳои секунҷаи баррасишаванда координатаҳои зеринро дорад:

$$x_0 = \frac{6 - 2 + 3}{3} = \frac{7}{3} = 2.3333; \quad y_0 = \frac{2 - 2 + 4}{3} = \frac{4}{3} = 1.3333;$$

Акнун зурур аст, ки муодилаи ҷусташавандагии хати рости намуди

$$\frac{x - 0}{\frac{7}{3} - 0} = \frac{y - 0}{\frac{4}{3} - 0}, \quad \text{ё ин ки } \frac{4}{3}x = \frac{7}{3}y; \quad 4x - 7y = 0 - \text{ро тартиб диҳем. Ҷавоб: } 4x - 7y = 0.$$

Муодилаи ҷусташавандагии хати рости намуди  $\frac{x - 0}{\frac{7}{3} - 0} = \frac{y - 0}{\frac{4}{3} - 0}$  - ро бо чунин тарз

$$\text{ҳам ҳал намудан мумкин аст. } \frac{x}{\frac{7}{3}} = \frac{y}{\frac{4}{3}}; \quad \frac{x \cdot 3}{7} = \frac{y \cdot 3}{4}; \quad \frac{x}{21} = \frac{y}{12};$$

Аз таносуб истифода бурда, чунин муодилаи хаттӣ ҳосил мекунем:

$$12x = 21y. \quad \text{Ҳар ду тарафи муодиларо ба 3 тақсим мекунем: } \frac{12x}{3} = \frac{21y}{3}. \quad \text{Он гоҳ}$$

чунин муодила ҳосил мегардад:  $4x = 7y$ . Муодилаи додашударо баробари нол карда, бо чунин тарз менависем:  $4x - 7y = 0$ .

Акнун мувофиқи гузориши шarti масъалаи баррасишаванда қуллаҳои А, В ва С - и секунҷаро муайян мекунем.

**Моделӣ математикӣ.** Барои ёфтани қуллаҳои секунҷа модели математикиро мурағаб менамоем, ки он аз алгоритми зерин иборат аст:

1) Қуллаҳои секунҷаро муайян менамоем. Барои ин нуқтаҳои буриши муодилаҳои хатти рости додасударо меёбем.

2) аз муодилаи  $2x + 3y - 18 = 0$  ва  $6x - 5y + 2 = 0$  истифода намуда, системаи ду муодилаи дуномаълумаро тартиб дода, қиматҳои  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} 2x + 3y - 18 = 0, \\ 6x - 5y + 2 = 0. \end{cases}$$

$$2x - 6x + 3y - (-5y) - 18 - 2 = 0; 2x - 6x + 3y + 5y - 18 - 2 = 0;$$

$$-4x + 8y - 20 = 0; \quad (-1*); \quad 4x - 8y + 20 = 0 \quad (4:); \quad \frac{4x}{4} - \frac{8y}{4} + \frac{20}{4} = 0;$$

$$x = 2y - 5; \quad x - 2y + 5 = 0; \quad 2(2y - 5) + 3y - 18 = 0; \quad 4y - 10 + 3y - 18 = 0;$$

$$4y + 3y - 10 - 18 = 0; \quad 7y - 28 = 0; \quad 7y = 28; \quad y = \frac{28}{7}; \quad y = 4. \quad x = 2y - 5; \quad x = 2 * 4 - 5;$$

$$x = 8 - 5; \quad x = 3.$$

Қуллаи якуми секунҷаро муайян намудем: нуқтаи А(3; 4). **Ҷавоб:**  $x = 3, y = 4$ .

3) ба ҳамин монанд, аз муодилаи  $2x + 3y - 18 = 0$  ва  $x - 2y - 2 = 0$  истифода намуда, системаи ду муодилаи дуномаълумаро тартиб дода, қимати  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} 2x + 3y - 18 = 0, \\ x - 2y - 2 = 0. \end{cases}$$

$$2x - x + 3y - (-2y) - 18 - (-2) = 0; \quad 2x - x + 3y + 2y - 18 + 2 = 0; \quad x + 5y - 16 = 0;$$

$$-5y + 16 - 2y - 2 = 0; \quad -5y - 2y + 16 - 2 = 0; \quad -7y + 14 = 0; \quad -7y = -14; \quad \frac{-7y}{-7} = \frac{-14}{-7};$$

$$y = 2; \quad x = 5(2) + 16 = 0; \quad x = -10 + 16; \quad x = 6.$$

Қуллаи дуҷуми секунҷаро муайян намудем: нуқтаи В(6; 2). **Ҷавоб:**  $x = 6, y = 2$ .

4) ба ҳамин монанд, аз муодилаҳои  $x - 2y - 2 = 0$  ва  $6x - 5y + 2 = 0$  истифода намуда, системаи ду муодилаи дуномаълумаро тартиб дода, қимати  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} x - 2y - 2 = 0 \\ 6x - 5y + 2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 2y + 2 \\ 6(2y + 2) - 5y + 2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 2y + 2 \\ 12y + 12 - 5y + 2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 2y + 2 \\ 12y - 5y + 12 + 2 = 0 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = 2y + 2 \\ 7y + 14 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 2y + 2 \\ 7y = -14 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 2y + 2 \\ y = -\frac{14}{7} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 2(-2) + 2 \\ y = -2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = -4 + 2 \\ y = -2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = -2 \\ y = -2. \end{cases}$$

Қуллаи сеҷуми секунҷа муайян карда шуд: нуқтаи С(-2;-2).

**Ҷавоб:**  $x = -2, y = -2$ .

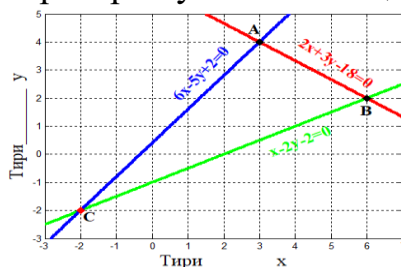
Алгоритми иҷрои тасвири графикӣ, ки муайян намудани нуқтаи буриши муодилаҳои хатҳои ростро нишон медиҳад, чунин пешниҳод менамоем:

```

figure(1); f1=ezplot(' 2*x+3*y-18=0 ', [-3 7, -3 5]); hold on; grid on
set(f1,'LineWidth',3.17,'Color','r');grid on;
M1=text(4.1,4.2,'\bf{ 2x+3y-18=0 }', 'Rotation',-38, 'FontName', 'Times New
Roman', 'FontSize',16,'Color','r'); f1=ezplot(' x-2*y-2=0 ',[-3 7, -3 5]);
hold on;grid on; set(f1,'LineWidth',3.17,'Color','g');grid on;
M1=text(3.1,0.11,'\bf{ x-2y-2=0 }', 'Rotation',25, 'FontName', 'Times New Roman',
'FontSize',16, 'Color','g'); f1=ezplot(' 6*x-5*y+2=0 ', [-3 7, -3 5]); hold on; grid on
set(f1,'LineWidth',3.17,'Color','b'); grid on; M1=text(0.5,1.94,'\bf{ 6x-5y+2=0 }',
'Rotation',51, 'FontName', 'Times New Roman', 'FontSize',16, 'Color','b');
xlabel('Тири_____ x','fontsize',18,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');
ylabel('Тири_____ y','fontsize',18,'FontName','Times New Roman', 'Color','k')
hold on; x1=3; y1=4; plot(x1,y1,'*','lineWidth', 2.5, 'Color','k')
hold on; M1=text(2.69,4.44,'\bf{ A }', 'Rotation',0, 'FontName', 'Times New Roman',
'fontsize',15,'Color','k');
hold on; x2=6; y2=2; plot(x2,y2,'*','lineWidth', 2.5, 'Color','k')
hold on; M1=text(5.82,1.55,'\bf{ B }', 'Rotation',0, 'FontName', 'Times New Roman',
'fontsize',15,'Color','k');
hold on; x3=-2; y3=-2; plot(x3,y3,'*','lineWidth', 2.5, 'Color','r')
hold on; M1=text(-1.93,-2.23,'\bf{ C }', 'Rotation',0, 'FontName', 'Times New Roman',
'fontsize',15,'Color','k');

```

Натиҷаи алгоритми иҷрои тасвири графикӣ, муайян намудани нуктаи бурриши муодилаҳои хатҳои ростро чуни пешниҳод менамоем:



**Расми 1.** Графики муодилаҳои хатҳои рости  $2x + 3y - 18 = 0$ ,  $x - 2y - 2 = 0$ ,  $6x - 5y + 2 = 0$ .

Алгоритми иҷрои тасвири графикӣ, ки муайян намудани нуктаи бурриши муодилаҳои хатҳои ростро нишон медиҳад, чуни пешниҳод менамоем:

```

hold on; f1=ezplot(' 4*x-y-8=0' ,[-3 7, -3 5]); hold on; grid on
set(f1,'LineWidth',3.17,'Color','c');grid on;
M1=text(0.66,-2.79,'\bf{ 4x-y-8=0 }', 'Rotation',75.44, 'FontName', 'Times New
Roman', 'FontSize',17, 'Color','c');
hold on; x4=2; y4=0; plot(x4,y4,'*','lineWidth', 2.5, 'Color','k')
hold on; M1=text(2.12,-0.25,'\bf{ M }', 'Rotation',0, 'FontName', 'Times New Roman',
'fontsize',15,'Color','k');
xlabel('Тири_____ x','fontsize',18,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');
ylabel('Тири_____ y','fontsize',18,'FontName','Times New Roman', 'Color','k')

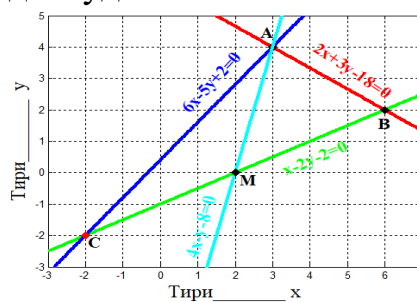
```

```

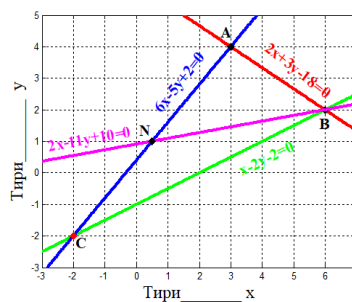
hold on; f1=ezplot( ' 2*x-11*y+10=0 ', [-3 7, -3 5 ]); hold on; grid on;
set(f1,'LineWidth',3.17,'Color','m');grid on;
M1=text(-2.94,0.92,'\bf{ 2x-11y+10=0 }', 'Rotation',10.44, 'FontName', 'Times New Roman', 'FontSize',15, 'Color','m');
hold on; x5=0.5; y5=1; plot(x5,y5,'*', 'lineWidth', 2.5, 'Color','k')
hold on; M1=text(0.11,1.33,'\bf{N}', 'Rotation',0, 'FontName', 'Times New Roman', 'fontSize',15,'Color','k');
xlabel ('Тири_____ x','fontSize',18,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');
ylabel('Тири_____ y','fontSize',18,'FontName','Times New Roman', 'Color','k')
x6=2.33; y6=1.33; plot(x6,y6,'*', 'lineWidth', 2.5, 'Color','k')
hold on; M1=text(2.35,1.1,'\bf{O}', 'Rotation',0, 'FontName', 'Times New Roman', 'fontSize',15,'Color','k');
xlabel ('Тири_____ x','fontSize',18,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');
ylabel('Тири_____ y','fontSize',18,'FontName','Times New Roman', 'Color','k')

```

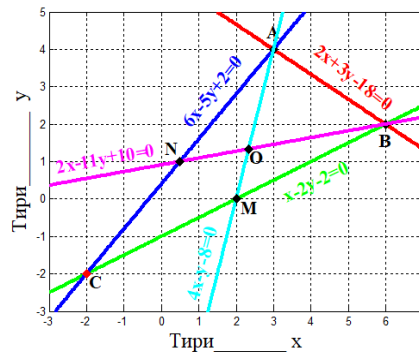
Натиҷаи алгоритми иҷрои тасвири графикӣ, муайян намудани нуқтаи бурриши муодилаҳои хатҳои ростро чунин пешниҳод менамоем, ки дар расмҳои 2, 3 ва 4 нишон дода шудааст:



**Расми 2.** Графики муодилаҳои хатҳои рости  $2x + 3y - 18 = 0$ ,  $x - 2y - 2 = 0$ ,  $6x - 5y + 2 = 0$ ,  $4x - y - 8 = 0$ .



**Расми 3.** Графики муодилаҳои хатҳои рости  $2x + 3y - 18 = 0$ ,  $x - 2y - 2 = 0$ ,  $6x - 5y + 2 = 0$ ,  $2x - 11y + 10 = 0$ .



**Расми 4.** Графики муодилаҳои хатҳои рости

$$2x + 3y - 18 = 0, x - 2y - 2 = 0, 6x - 5y + 2 = 0, 2x - 11y + 10 = 0, 4x - y - 8 = 0.$$

Медианае, ки аз қуллаи А гузаронида мешавад он аз ду системаи муодилаи хатии шакли зерин таркиб ёфтааст: 1)  $\begin{cases} 4x - y - 8 = 0, \\ 2x + 3y - 18 = 0. \end{cases}$  ва 2)  $\begin{cases} 6x - 5y + 2 = 0, \\ 4x - y - 8 = 0. \end{cases}$

1) аз муодилаи  $4x - y - 8 = 0$  ва  $2x + 3y - 18 = 0$  истифода намуда, медианаи аз нуқтаи (қуллаи) А гузаронидашударо, ки он бо ёрии системаи ду муодилаи дуномаълума тартиб дода шудааст, қимати  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} 4x - y - 8 = 0, \\ 2x + 3y - 18 = 0. \end{cases}$$

$$4x - 2x - y - 3y - 8 - (-18) = 0; 4x - 2x - y - 3y - 8 + 18 = 0; 2x - 4y + 10 = 0;$$

$$2x = 4y - 10; \frac{2x}{2} = \frac{4y}{2} - \frac{10}{2}; x - 2y + 5 = 0; x = 2y - 5.$$

$$4(2y - 5) - y - 8 = 0; 8y - 20 - y - 8 = 0; 8y - y - 20 - 8 = 0; 7y - 28 = 0; 7y = 28;$$

$$\frac{7y}{7} = \frac{28}{7}; y = 4. \quad x = 2y - 5; x = 2 * 4 - 5; x = 8 - 5; x = 3.$$

Қимати қуллаи медианаи аз нуқтаи А гузаронидашудаи секунҷаро муайян намудем: нуқтаи А(3; 4). **Ҷавоб:**  $x = 3, y = 4$ .

2) аз муодилаи  $6x - 5y + 2 = 0$  ва  $4x - y - 8 = 0$  истифода намуда, медианаи аз нуқтаи А гузаронидашударо, ки он бо ёрии системаи ду муодилаи дуномаълума тартиб дода шудааст, қимати  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} 6x - 5y + 2 = 0, \\ 4x - y - 8 = 0. \end{cases}$$

$$6x - 4x - 5y - (-y) + 2 - (-8) = 0; 6x - 4x - 5y + y + 2 + 8 = 0; 2x - 4y + 10 = 0;$$

$$2x = 4y - 10; \frac{2x}{2} = \frac{4y}{2} - \frac{10}{2}; x = 2y - 5.$$

$$6x - 5y + 2 = 0; 6(2y - 5) - 5y + 2 = 0; 12y - 30 - 5y + 2 = 0; 12y - 5y - 30 + 2 = 0;$$

$$7y - 28 = 0; 7y = 28; \frac{7y}{7} = \frac{28}{7}; y = 4. \quad x = 2y - 5; x = 2 * 4 - 5; x = 8 - 5; x = 3.$$

Қимати қуллаи (нуқтаи) медианаи аз нуқтаи А гузаронидашудаи секунҷаро муайян намудем: нуқтаи А(3; 4). **Ҷавоб:**  $x = 3, y = 4$ .

3) аз муодилаи  $4x - y - 8 = 0$  ва  $x - 2y - 2 = 0$  истифода намуда, медианаи аз нуқтаи А гузаронидашударо, ки ба нуқтаи М пайваस्त карда шудааст ва он бо ёрии системаи ду муодилаи дуномаълума тартиб дода шудааст, қимати  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} 4x - y - 8 = 0, \\ x - 2y - 2 = 0. \end{cases}$$

$$4x - x - y - (-2y) - 8 - (-2) = 0; 4x - x - y + 2y - 8 + 2 = 0; 3x + y - 6 = 0; y = -3x + 6.$$

$$4x - y - 8 = 0; \quad 4x - (-3x + 6) - 8 = 0; 4x + 3x - 6 - 8 = 0; 7x - 14 = 0; \quad 7x = 14;$$

$$\frac{7x}{7} = \frac{14}{7}; x = 2. y = -3x + 6. y = -3 \cdot 2 + 6; y = -6 + 6; y = 0.$$

Қимати қуллаи (нуқтаи) медианаи М - и секунҷаро муайян намудем: нуқтаи М(2; 0). **Ҷавоб:**  $x = 2, y = 0$ .

Медианае, ки аз қуллаи В гузаронида мешавад он аз ду системаи муодилаи

хатии шакли зерин таркиб ёфтааст: 4)  $\begin{cases} 2x + 3y - 18 = 0, \\ 2x - 11y + 10 = 0. \end{cases}$  ва 5)  $\begin{cases} 2x - 11y + 10 = 0, \\ x - 2y - 2 = 0. \end{cases}$

4) аз муодилаи  $2x + 3y - 18 = 0$  ва  $2x - 11y + 10 = 0$  истифода намуда, медианаи аз нуқтаи В гузаронидашударо, ки он бо ёрии системаи ду муодилаи дуномаълума тартиб дода шудааст, қимати  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} 2x + 3y - 18 = 0, \\ 2x - 11y + 10 = 0. \end{cases}$$

$$2x - 2x + 3y - (-11y) - 18 - 10 = 0; 2x - 2x + 3y + 11y - 18 - 10 = 0;$$

$$0 + 14y - 28 = 0; 14y - 28 = 0; 14y = 28; \frac{14x}{14} = \frac{28}{14}; y = 2. 2x + 3y - 18 = 0;$$

$$2x + 3 \cdot 2 - 18 = 0; 2x + 6 - 18 = 0; 2x + 6 - 18 = 0; 2x - 12 = 0; 2x = 12; \frac{2x}{2} = \frac{12}{2}; x = 2.$$

Қимати қуллаи медианаи аз нуқтаи В гузаронидашудаи секунҷаро муайян намудем: нуқтаи М(2; 2). **Ҷавоб:**  $x = 2, y = 2$ .

5) аз муодилаи  $2x - 11y + 10 = 0$  ва  $x - 2y - 2 = 0$  истифода намуда, медианаи аз нуқтаи В гузаронидашударо, ки он бо ёрии системаи ду муодилаи дуномаълума тартиб дода шудааст, қимати  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} 2x - 11y + 10 = 0, \\ x - 2y - 2 = 0. \end{cases}$$

$$2x - x - 11y - (-2y) + 10 - (-2) = 0; 2x - x - 11y + 2y + 10 + 2 = 0;$$

$$x - 9y + 12 = 0; x = 9y - 12.$$

$$2(9y - 12) - 11y + 10 = 0; 18y - 24 - 11y + 10 = 0; 18y - 11y - 24 + 10 = 0; 7y - 14 = 0;$$

$$7y = 14; \frac{7y}{7} = \frac{14}{7}; y = 2.$$

$$2x - 11 \cdot 2 + 10 = 0; 2x - 22 + 10 = 0; 2x - 12 = 0; 2x = 12; \frac{2x}{2} = \frac{12}{2}; x = 6.$$

Қимати қуллай медианай аз нуқтаи В гузаранидашудаи секунҷаро муайян намудем: нуқтаи В(6; 2). **Ҷавоб:**  $x = 6, y = 2$ .

б) аз муодилаи  $6x - 5y + 2 = 0$  ва  $2x - 11y + 10 = 0$  истифода намуда, медианай аз нуқтаи В гузаранидашударо, ки ба нуқтаи N пайваस्त карда шудааст ва он бо ёрии системаи ду муодилаи дуномаълума тартиб дода шудааст, қимати  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} 6x - 5y + 2 = 0, \\ 2x - 11y + 10 = 0 \cdot (3^*) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6x - 5y + 2 = 0, \\ 6x - 33y + 30 = 0. \end{cases}$$

$$6x - 6x - 5y - (-33y) + 2 - 30 = 0; 6x - 6x - 5y + 33y + 2 - 30 = 0;$$

$$0 - 28y - 28 = 0; 28y - 28 = 0; 28y = 28; \frac{28y}{28} = \frac{28}{28}; y = 1.$$

$$2(9y - 12) - 11y + 10 = 0; 18y - 24 - 11y + 10 = 0; 18y - 11y - 24 + 10 = 0; 7y - 14 = 0;$$

$$7y = 14; \frac{7y}{7} = \frac{14}{7}; y = 2. \quad 6x - 5y + 2 = 0; \quad 6x - 5 \cdot 1 + 2 = 0; \quad 6x - 5 + 2 = 0; \quad 6x - 3 = 0;$$

$$6x = 3; \frac{6x}{3} = \frac{3}{3}; 2x = 1; x = \frac{1}{2}; x = 0.5.$$

Қимати қуллай медианай N - и секунҷаро муайян намудем: нуқтаи N(0.5; 2).

**Ҷавоб:**  $x = 0.5, y = 2$ .

7) аз муодилаи  $4x - y - 8 = 0$  ва  $2x - 11y + 10 = 0$  истифода намуда, медианаҳои аз нуқтаи А ва В гузаранидашударо, ки дар нуқтаи О якдигарро мебуранд ва онҳо бо ёрии системаи ду муодилаи дуномаълума тартиб дода шудаанд, қимати  $x$  ва  $y$  - ро муайян мекунем:

$$\begin{cases} 4x - y - 8 = 0, \\ 2x - 11y + 10 = 0. \end{cases}$$

$$4x - 2x - y - (-11y) - 8 - 10 = 0; \quad 4x - 2x - y + 11y - 8 - 10 = 0; \quad 2x + 10y - 18 = 0;$$

$$2x = -10y + 18; \frac{2x}{2} = -\frac{10y}{2} + \frac{18}{2}; x = -5y + 9.$$

$$4(-5y + 9) - y - 8 = 0; -20y + 36 - y - 8 = 0; \quad -20y - y + 36 - 8 = 0; \quad -21y + 28 = 0;$$

$$-21y = -28; \frac{-21y}{-7} = \frac{-28}{-7}; 3y = 4, \quad y = \frac{4}{3}, \quad y = 1.3333.$$

$$x = -5y + 9; x = -5 \cdot 1.3333 + 9; x = -6.6665 + 9; x = 2.3335.$$

Қимати қуллай буриши ҳар ду медианай секунҷаро, ки он бо О ишора карда шудааст, муайян намудем: нуқтаи О(2,3335; 1,3333).

**Ҷавоб:**  $x = 2.3335; y = 1.3333$ .

Акнун он секунҷаҳое, ки дар асоси шарти масъала пайдо шудаанд, масоҳатҳои онҳоро пай дар пай ҳисоб мекунем, ки ҳисобкунии онҳо дар зер оварда шудаанд.

Масоҳати секунҷаи А, В ва С – ро ҳисоб мекунем.

Барои муайян намудани масоҳати секунҷаи дарҷгардида аз формулаи

$$S = \frac{1}{2} |(x_1 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_3)| \text{ истифода намуда, ҳосил мекунем:}$$

$$A = 3; 4, B = 6; 2, C = -2; -2. \begin{cases} x_1 = 3, \\ y_1 = 4. \end{cases} \begin{cases} x_2 = 6, \\ y_2 = 2. \end{cases} \begin{cases} x_3 = -2, \\ y_3 = -2. \end{cases}$$

$$S = \frac{1}{2} |(3 - (-2)) * (2 - (-2)) - (6 - (-2)) * (4 - (-2))| = \\ = \frac{1}{2} |(3 + 2) * (2 + 2) - (6 + 2) * (4 + 2)| = \frac{1}{2} |(5 * 4) - (8 * 6)| = \frac{1}{2} |20 - 48| = \frac{1}{2} |28| = \frac{28}{2} = 14.$$

Масоҳати секунҷаи А, В ва С- и додашуда ба  $14\text{см}^2$  баробар аст.

Масоҳати секунҷаи АВМ - ро ҳисоб мекунем.

Барои муайян намудани масоҳати секунҷаи дарҷгардида аз формулаи

$$S = \frac{1}{2} |(x_1 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_3)| \text{ истифода намуда, ҳосил мекунем:}$$

$$A = 3; 4, B = 6; 2, M = 2; 0. \begin{cases} x_1 = 3, \\ y_1 = 4. \end{cases} \begin{cases} x_2 = 6, \\ y_2 = 2. \end{cases} \begin{cases} x_3 = 2, \\ y_3 = 0. \end{cases}$$

$$S = \frac{1}{2} |(3 - 2) * (2 - 0) - (6 - 2) * (4 - 0)| = \frac{1}{2} |(1) * (2) - (4) * (4)| = \\ = \frac{1}{2} |(2) - (16)| = \frac{1}{2} |2 - 16| = \frac{1}{2} |-14| = \frac{1}{2} 14 = \frac{14}{2} = 7.$$

Масоҳати секунҷаи А, В ва М- и додашуда ба  $7\text{см}^2$  баробар аст.

Масоҳати секунҷаи АСМ - ро ҳисоб мекунем.

Барои муайян намудани масоҳати секунҷаи дарҷгардида аз формулаи

$$S = \frac{1}{2} |(x_1 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_3)| \text{ истифода намуда, ҳосил мекунем:}$$

$$A = 3; 4, C = -2; -2, M = 2; 0. \begin{cases} x_1 = 3, \\ y_1 = 4. \end{cases} \begin{cases} x_2 = -2, \\ y_2 = -2. \end{cases} \begin{cases} x_3 = 2, \\ y_3 = 0. \end{cases}$$

$$S = \frac{1}{2} |(3 - 2) * (-2 - 0) - (-2 - 2) * (4 - 0)| = \frac{1}{2} |(1) * (-2) - (-4) * (4)| = \\ = \frac{1}{2} |(-2) - (-16)| = \frac{1}{2} |-2 + 16| = \frac{1}{2} |14| = \frac{1}{2} 14 = \frac{14}{2} = 7.$$

Масоҳати секунҷаи А, С ва М – и додашуда ба  $7\text{см}^2$  баробар аст.

Масоҳати секунҷаи АВН - ро ҳисоб мекунем.

Барои муайян намудани масоҳати секунҷаи дарҷгардида аз формулаи

$$S = \frac{1}{2} |(x_1 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_3)| \text{ истифода намуда, ҳосил мекунем:}$$

$$A = 3; 4, B = 6; 2, N = 0.5; 1. \begin{cases} x_1 = 3, \\ y_1 = 4. \end{cases} \begin{cases} x_2 = 6, \\ y_2 = 2. \end{cases} \begin{cases} x_3 = 0.5, \\ y_3 = 1. \end{cases}$$

$$S = \frac{1}{2} |(3 - 0.5) * (2 - 1) - (6 - 0.5) * (4 - 1)| = \frac{1}{2} |(2.5) * (1) - (5.5) * (3)| = \\ = \frac{1}{2} |(2.5) - (16.5)| = \frac{1}{2} |2.5 - 16.5| = \frac{1}{2} |-14| = \frac{1}{2} 14 = \frac{14}{2} = 7.$$

Масоҳати секунҷаи А, В ва N - и додашуда ба  $7\text{см}^2$  баробар аст.

Масоҳати секунҷаи BCN - ро ҳисоб мекунем.

Барои муайян намудани масоҳати секунҷаи дарҷгардида аз формулаи

$$S = \frac{1}{2} |(x_1 - x_3)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_3)| \text{ истифода намуда, ҳосил мекунем:}$$

$$B = 6; 2, C = -2; -2, N = 0.5; 1. \begin{cases} x_1 = 6, \\ y_1 = 2. \end{cases} \begin{cases} x_2 = -2, \\ y_2 = -2. \end{cases} \begin{cases} x_3 = 0.5, \\ y_3 = 1. \end{cases}$$

$$S = \frac{1}{2} |(6 - 0.5) * (-2 - 1) - (-2 - 0.5) * (2 - 1)| = \frac{1}{2} |(5.5) * (-3) - (-2.5) * (1)| = \\ = \frac{1}{2} |(-16.5) - (-2.5)| = \frac{1}{2} |-16.5 + 2.5| = \frac{1}{2} |-14| = \frac{1}{2} 14 = \frac{14}{2} = 7.$$

Масоҳати секунҷаи В, С ва N - и додашуда ба  $7\text{см}^2$  баробар аст.

### Адабиёт

1. *Борботко Е.П.* Справочное пособие по решению задач курса аналитической геометрии и линейной алгебры / Сост.: *Е.П. Борботко, Т.Е. Кузьменкова, В.В. Пакинтайе, А.В. Шевцова.* – Мн.: МГЭУ им. А.Д. Сахарова. – 2005. – 72 с.
2. *Бурҳонов У., Шарипов Ҷ.* Геометрия. Китоби дарсӣ барои синфӣ 7-уми муассисаҳои таҳсилоти умумӣ. – Душанбе: Маориф, 2021. – 112 саҳ.
3. *Комилов Ф.С., Розӣ Т. (Шарипов), Мирзоев С.Ҳ., Қосимов И.Л., Раҳмонов З.Ф.* Технологияи иттилоотӣ. Китоби дарсӣ барои синфи 11. – Душанбе: «Ганҷ нашриёт», 2014. – 280 с.
4. *Ҷӯраев Х.Ш.* Физикаи муҳитҳои конденсӣ (Дастурӣ таълимӣ). – Душанбе: - 2023. – 112с.
5. *Ҷӯраев Х.Ш.* Технологияи барномасозӣ (Муҳити барномасозии Matlab) / *Х.Ш. Ҷӯраев, Ҳ.Ҳ. Муминов* // – Душанбе: «ЭР - граф». - 2021. - 268 с.

## ТАТБИҚИ МОДЕЛСОЗИИ МАТЕМАТИКӢ ВА КОМПЮТЕРӢ ВОСИТАИ МУҲИМ ДАР РАВАНДИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲОИ ГЕОМЕТРӢ

(Дар мисоли сохтани секунҷаҳо)

**Фиишурда.** Дар мақолаи мазкур татбиқи моделсозии математикӣ ва компютерӣ воситаи муҳим дар раванди ҳалли масъалаҳои геометрӣ (дар мисоли сохтани секунҷаҳо) баррасӣ гардидааст, ки ҳамчун таҳқиқоти илмӣ дар раванди ҳалли масъалаҳои таълимии математика ва геометрия дар муассисаҳои таҳсилоти олии истифода кардан муфид аст. Дар ин мақола сохтани секунҷаҳо бо ёрии муодилаҳои хаттӣ ва тасвири ду медианаи он, инчунин хангоми тасвири медианаҳо боз секунҷаҳои дигар ҳосил мешавад, ки масоҳатҳои онҳо низ ҳисоб карда шудааст, ки ин исботи медианаҳоро нишон медиҳад, баррасӣ гардидааст. Натиҷагирӣ, ки дар ин мақола ба анҷом расонида шудааст, дар муҳити барномаи MATLAB амалӣ гардидааст ва бо намуди алгоритм пешниҳод гардидааст.

**Калидвожаҳо:** модел, моделсозӣ, компютер, муодила, масъала, давра, алгоритм, буриш, элементҳои моделсозӣ, барномасозӣ.

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ – ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

(На примере построения треугольников)

**Аннотация.** В данной статье рассматривается применение математического и компьютерного моделирования как важного инструмента в процессе решения геометрических задач (на примере построения треугольников), полезного в качестве научного исследования в процессе решения учебных задач по математике и геометрии в высших учебных заведениях. В данной статье рассматривается построение треугольников с помощью линейных уравнений и иллюстраций двух медиан, а также при изображении медиан получают другие треугольники, площади которых также вычислены, что показывает доказательство медиан. Результаты, полученные в этой статье, были реализованы в среде программы MATLAB и представлены в виде алгоритма.

**Ключевые слова:** модель, моделирование, компьютер, уравнение, проблема, цикл, алгоритм, пересечение, элементы моделирования, программирование.

# THE USE OF MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING IS AN IMPORTANT TOOL IN SOLVING GEOMETRIC PROBLEMS.

(Using the example of building triangles)

**Annotation.** This article discusses the use of mathematical and computer modeling as an important tool in solving geometric problems (using the example of building triangles), useful as a scientific study in solving educational problems in mathematics and geometry in higher education institutions. This article discusses the construction of triangles using linear equations and illustrations of two medians, as well as when depicting medians, other triangles are obtained, the areas of which are also calculated, as shown by the proof of medians. The results obtained in this article were implemented in the MATLAB environment and presented as an algorithm.

**Keywords:** model, modeling, computer, equation, problem, cycle, algorithm, intersection, modeling elements, programming.

**Маълумот оиди муаллифон:** *Шарофиддин Юсуфӣ* - Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав, ассистенти кафедраи “Методикаи таълими математика (МТМ)”. **Суроға:** 735140, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Бохтар, хиёбони Айнӣ, 67. **Телефон:** +992 919127413. **E-mail:** [sharofiddinnnn@mail.ru](mailto:sharofiddinnnn@mail.ru)

**Восидов Шамсиддин Юсуфович** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, н.и.п., дотсенти кафедраи “Мошинҳои ҳисоббарор, системаҳо ва шабакаҳо”. **Суроға:** Ҷумҳурии Тоҷикистон, 734025, шаҳри Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Телефон:** +992 917 23 29 18. **E-mail:** [shamsiddinnnn@mail.ru](mailto:shamsiddinnnn@mail.ru)

**Сведения об авторах:** *Шарофиддин Юсуфи* – Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава, ассистент кафедры методики преподавания математики (МТМ). **Адрес:** 735140, Республика Таджикистан, г. Бохтар, пр. Айнӣ, 67. **Телефон:** +992 919127413. **E-mail:** [sharofiddinnnn@mail.ru](mailto:sharofiddinnnn@mail.ru)

**Восидов Шамсиддин Юсуфович** – Таджикский национальный университет, к.п.н., доцент кафедры “Вычислительные машины, системы и сети”. **Адрес:** Республика Таджикистан, 734025, город Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Телефон:** +992 917 23 29 18. **E-mail:** [shamsiddinnnn@mail.ru](mailto:shamsiddinnnn@mail.ru)

**Information about the authors:** *Sharofiddin Yusufi* - Bokhtar State University named after Nosir Khusrav, assistant of the department of methods of teaching mathematics (МТМ). **Address:** 735140, Republic of Tajikistan, Bokhtar, prospect. Aini67. **Phone:** +992 919 12 74 13. **E-mail:** [sharofiddinnnn@mail.ru](mailto:sharofiddinnnn@mail.ru)

**Vosidov Shamsiddin Yusufovich** – Tajik National University, Candidate of Pedagogical Sciences (PhD), Associate Professor at the Department of "Computing Machines, Systems, and Networks." **Address:** 17 Rudaki Avenue, Dushanbe city, 734025, Republic of Tajikistan. **Phone:** +992 917 23 29 18 **E-mail:** [shamsiddinnnn@mail.ru](mailto:shamsiddinnnn@mail.ru)

**Муқарриз:** **Пиров Х.** – н.и.м., дотсени кафедраи математика олии Донишгоҳи давлатии Данғара

Мақола ба редакция ворид шуд: 19.02.2026

Аз тақриз баргашт: 12.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 17.04.2026

УДК 514.1: 004.942

**ТАТБИҚИ МОДЕЛСОЗИИ МАТЕМАТИКӢ ВА КОМПЮТЕРӢ ДАР  
РАВАНДИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲОИ ГЕОМЕТРӢ РОҶЕЪ БА БУРИШИ  
ДУ ДАВРА**

**Шарофиддин Юсуфӣ, \*Восидов Ш.Ю.**

**Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав**

**\*Донишгоҳи миллии Тоҷикистон**

Омӯзиши давра ва ҳалли мисолу масъалаҳо роҷеъ ба давра дар таълими фанни геометрия ва фанҳои дигари дақиқ мавқеи калидӣ дорад. Аз ҷумла Бурҳонов У. дар китоби худ давраро чунин таъриф додааст: «Ҷойи геометрии нуқтаҳои ҳамворӣ, ки аз нуқтаи додашуда дар як ҳел масофа воқеанд, давра номида мешавад» [1, с. 84].

Фанни таълимии геометрия яке аз бахшҳои муҳимтарини математика ба ҳисоб рафта, омӯзиши ҳамаи навъи (типи, намуди) шаклҳои роҳандозӣ менамояд ва инчунин ба соҳаҳои гуногуни фаъолияти инсон пайванди ногусастанӣ дорад. Аз ҷумла дар китоби Шукурзод Т.А. доир ба пешравии фанни геометрия чунин қайд гардидааст: «Дар замони муосир пешравии соҳаҳо ва ихтисосҳои гуногун, аз ҷумла мошинсозӣ, ҳавопаймоӣ, кайҳонавардӣ, бинокорӣ, кишоварзӣ, энергетикӣ, муҳандисӣ, харитасозӣ ва ғайраҳоро бе пешравии геометрияи ҳозиразамон тасаввур карда мумкин нест» [5, с. 3].

Ҷӯраев Х.Ш. дар китоби худ оид ба ин мавзуи баррасишаванда чунин қайд кардааст: «Роҳҳои моделсозии математикӣ дар шароити муосир умумикабулшуда мебошад» [3, с. 55].

Нармафзорҳои гуногуни муосир бо ёрии элементҳои графиксозии худ ба татқиқотчиён имкониятҳои бештарро фароҳам меоваранд, ки раванди ҳалли масъалаҳои таълимии гуногунҷабҳаро, аз ҷумла масъалаҳои геометриро метавонанд ба таври визуалӣ (айёни) нишон диҳанд ва ҳамчунин таҳлили шаклҳои геометрии баррасишавандаеро, ки дар асоси шарти масъалаҳо бар меоянд, осон намоянд.

Дар замони муосир татбиқи моделсозии математикӣ ва компютерӣ дар раванди ҳалли масъалаҳои таълимии геометрӣ роҷеъ ба буриши ду давра яке аз воситаҳои муҳимтарини омӯзиши татқиқоти илмӣ, инчунин мавзуи татбиқии фанни математикаю геометрия ба ҳисоб рафта, барои тақвият бахшидани донишҳои назариявӣ ва амалӣ аҳамияти махсус дорад. Аз ҷумла дар китоби Ҷӯразода Х.Ш. чунин қайд шудааст: «Моделсозӣ ба маънои васеъ фаҳмидани раванди сохтан, омӯхтан ва такмил додани моделҳо, истифодаи онҳо дар таҳқиқоти илмӣ (назариявӣ ва таҷрибавӣ), истифодаи моделҳо бевосита дар равандҳои банақшаگیرӣ, идоракунии, оптималикунии, пешгӯӣ, назорат ва ғайра маъмул аст» [4, с. 17].

Раззоков А.А. дар мақолаи худ оид ба ҳалли масъалаҳои таълимии геометрия чунин қайд намудааст: «Маълум аст, ки таълими фанни геометрия дар мактабҳои миёнаву олии ва коллеҷу омӯзишгоҳҳо аз омӯзгор масъулияти бештареро талаб менамояд. Зеро аксар масъалаҳои геометрии мантиқӣ буда, фаҳмиши шартҳои онҳо ва талаботи ҳаллашонро на ҳар шахс ба осонӣ дарк менамояд. Дар китобҳои дарсӣ масъалаҳо вобаста ба пайдарпайии мавзӯҳо ва барномаи таълимӣ тавре интихоб шудаанд, ки аз сода ба мураккаб меравад. масъалаҳои ҳастанд, ки ҳаллашон хеле осон буда, ба зудӣ, ҳатто ба таври шифоҳӣ ҷавобашонро ёфтани мумкин аст. Гурӯҳи дигари масъалаҳои ҳастанд, ки бо истифода аз татбиқи аксиомаву теоремаҳо ҳамчунин бо тартиб додани муодилаҳои дараҷаи як ё ду ҳалли худро меёбанд. Ана дар ҳалли ҳамин қабил масъалаҳо малакаву маҳорат ва таҷрибаи омӯзгор ошкор мегардад» [2, с. 139].

Доир ба ин назарияи (ақидаи) дарҷгардида Раззоков А.А. дар мақолаи худ доир ба буриши давраҳо чунин ибрози ақида намудааст: «Масъалаҳои низ ҳастанд, ки ёфтани координатаҳои нуқтаи буриши ду давраро талаб менамоянд. Албатта, муодилаҳои онҳо якҷоя ҳал карда мешаванд. Қаблан бояд зикр намуд, ки ду давра низ нисбат ба ҳамдигар дар се вазъият ҷойгир мешаванд:

1. Ду давра ҳамдигарро дар ду нуқта мебуранд. Дар ин ҳолат муодилаи квадратии ҳосилшуда дорои ҷуфти решаҳо мебошанд.

2. Давраҳо ба ҳамдигар дар як нуқта мерасанд ва координатаҳои нуқтаи буриш аз ҳалли системаи муодилаҳои онҳо муайян мешавад.

3. Давраҳо нуқтаи умумӣ надоранд. Системаи онҳо низ ҳал надорад» [2, с. 145].

Акнун се масъалаи намунавии геометро доир ба буриши давраҳо ҳамчун далел муоина менамоем, ки гуфтаҳои болозикргардидаро дақиқ тасдиқ намоянд.

Масъалаи №1. Шартҳои масъала чунин аст: Координатаҳои нуқтаҳои буриши ду давраро ёбед, ки онҳо бо муодилаҳои зерин дар система оварда шудаанд. Исбот намоед, ки ду муодилаи даврае, ки дар чунин намуд дода шудаанд, як нуқтаи буриш доранд.

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 28 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 12 = 0. \end{cases}$$

**Ҳал.** Барои ёфтани координатаҳои нуқтаҳои буриши ҳамаҷониба, ду системаи муодилаҳо ҳал кардан лозим аст, ки он чунинанд:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 28 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 12 = 0. \end{cases}$$

Акнун системаи муодилаҳои додашударо пай дар пай ҳал менамоем.

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 28 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 12 = 0. \end{cases}$$

$$(x^2 + y^2 - 14x - 4y + 28) - (x^2 + y^2 + 6x - 4y - 12) = 0,$$

$$x^2 - x^2 + y^2 - y^2 - 14x - 6x - 4y - (-4y) + 28 - (-12) = 0,$$

$$x^2 - x^2 + y^2 - y^2 - 14x - 6x - 4y + 4y + 28 + 12 = 0,$$

$$-14x - 6x + 28 + 12 = 0; \quad -20x + 40 = 0; \quad -20x = -40 \quad (-1*);$$

$$20x = 40; \quad x = \frac{40}{20}; \quad x_1 = 2.$$

Ё ин ки ҳар ду тарафи муодилаи намуди  $20x = 40$  - ро ба 20 тақсим менамоем, он гоҳ чунин намудро мегирад:

$$\frac{20x}{20} = \frac{40}{20}, \quad x_1 = 2.$$

$$x^2 + y^2 - 14x - 4y + 28 = 0, \quad (1)$$

$$x_1 = 2.$$

$$2^2 + y^2 - 14*2 - 4y + 28 = 0; \quad 4 + y^2 - 28 - 4y + 28 = 0; \quad y^2 - 4y + 4 - 28 + 28 = 0;$$

$$y^2 - 4y + 4 = 0, \quad y_1 = 2.$$

Ҷавоб:  $x_1 = 2, y_1 = 2.$

$$x^2 + y^2 + 6x - 4y - 12 = 0, \quad (2)$$

$$x_1 = 2.$$

$$2^2 + y^2 + 6*2 - 4y - 12 = 0; \quad 4 + y^2 + 12 - 4y - 12 = 0; \quad y^2 - 4y + 4 + 12 - 12 = 0;$$

$$y^2 - 4y + 4 = 0, \quad y_1 = 2.$$

Ҷавоб:  $x_1 = 2, y_1 = 2.$

Аз ин ҷо хулоса кардан мумкин аст, ки ду давраи додашуда дар як нуқта

якдигарро мебуранд:  $M_1(2;2).$  Ҷавоб:  $\begin{cases} x_1 = 2, \\ y_1 = 2. \end{cases}$

Акнун забонҳои барномасозиро истифода бурда, модели графיקии онҳоро аз рӯйи системаҳои муодилаҳои додашуда пай дар пай тасвир менамоем, ки аз ин нуқтаи назар низ ҷавоби графיקии масъалаи додашуда ба ҷавоби математикии он мувофиқат менамояд.

Сараввал координатаҳои нуқтаҳои буриши графיקии системаи муодилаҳои додашудаи намуди зерини  $\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 28 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 12 = 0. \end{cases}$  - ро тасвир менамоем, намуди онҳо дар расми 1 нишон дода шудааст.

**Модели компютер:** Масъаларо бо намуди алгоритми зерин пешниҳод менамоем:

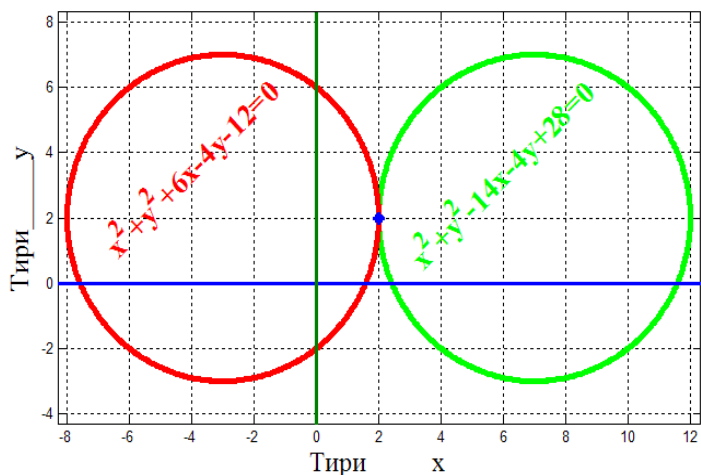
```
f1=ezplot(' x.^2+y.^2-14*x-4*y+28=0 ',[-8.3 12.3 -4.3 8.3]);
hold on;set(f1,'color','g');hold on; set(f1,'LineWidth',4.44); grid on
hold on;line([-8.3,0;12.3,0],[0,-4.3;0,8.3],'LineWidth',2.34);
M1=text(3,0.81,'\bf{x^2+y^2-14x-4y+28=0}','Rotation',44.44,'FontName','Times
New Roman','Color','g','FontSize',20.44);
f1=ezplot(' x.^2+y.^2+6*x-4*y-12=0 ',[-8.3 12.3 -4.3 8.3]);
```

```

hold on;set(f1,'color','r');hold on;set(f1,'LineWidth',4.44); grid on
hold on;line([-8.3,0;12.3,0],[0,-4.3;0,8.3],'LineWidth',2.34);
M1=text(-7,1,'\bf{ x^2+y^2+6x-4y-12=0 }','Rotation',44.44,'FontName', 'Times New
Roman','Color','r','FontSize',20.44);
hold on; x1=2;y1=2;plot(x1,y1,'*','lineWidth',3.07)
xlabel('Тири ____ x', 'fontsize',18.44,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');
ylabel('Тири ____ y', 'fontsize',18.44,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');

```

Натиҷаи коркарди ин барнома дар расми 1 оварда шудааст.



**Расми 1.** Графики системаи муодилаҳои  $\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 28 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 12 = 0. \end{cases}$

Масъалаи №2. Шарти масъала чунин аст: Координатаҳои нуқтаҳои буриши ду давраро ёбед, ки онҳо бо муодилаҳои зерин дар система оварда шудаанд. Ибтот намоед, ки ду муодилаи даврае, ки дар чунин намуд дода шудаанд, ду нуқтаи буриш доранд.

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 10x - 4y + 4 = 0, \\ x^2 + y^2 + 2x - 4y - 20 = 0. \end{cases}$$

**Ҳал.** Барои ёфтани координатаҳои нуқтаҳои буриши хатҳои додасуда, ду системаи муодилаҳоро ҳал кардан лозим аст, ки он чунинанд:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 10x - 4y + 4 = 0, \\ x^2 + y^2 + 2x - 4y - 20 = 0. \end{cases}$$

Акнун системаи муодилаҳои додасударо пай дар пай ҳал менамоем.

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 10x - 4y + 4 = 0, \\ x^2 + y^2 + 2x - 4y - 20 = 0. \end{cases}$$

$$(x^2 + y^2 - 10x - 4y + 4) - (x^2 + y^2 + 2x - 4y - 20) = 0,$$

$$x^2 - x^2 + y^2 - y^2 - 10x - 2x - 4y - (-4y) + 4 - (-20) = 0,$$

$$x^2 - x^2 + y^2 - y^2 - 10x - 2x - 4y + 4y + 4 + 20 = 0,$$

$$-12x + 24 = 0; \quad -12x = -24 \quad (-1*); \quad 12x = 24; \quad x = \frac{24}{12}; \quad x_1 = 2. \quad \text{Ҷавоб: } x_1 = 2.$$

Ё ин ки ҳар ду тарафи муодилаи намуди  $12x = 24$  - ро ба 12 тақсим менамоем, он гоҳ чунин намудро мегирад:

$$\frac{12x}{12} = \frac{24}{12}, \quad x_1 = 2.$$

$$x^2 + y^2 - 10x - 4y + 4 = 0, \quad (1)$$

$$x_1 = 2.$$

$$2^2 + y^2 - 10 \cdot 2 - 4y + 4 = 0; \quad 4 + y^2 - 20 - 4y + 4 = 0; \quad y^2 - 4y + 4 - 20 + 4 = 0;$$

$$y^2 - 4y - 12 = 0;$$

$$D = b^2 - 4ac = -4^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-12) = 16 + 48 = 64 > 0.$$

$$y_1 = \frac{-b - \sqrt{d}}{2a} = \frac{4 - \sqrt{64}}{2 \cdot 1} = \frac{4 - 8}{2} = -\frac{4}{2} = -2.$$

$$y_2 = \frac{-b + \sqrt{d}}{2a} = \frac{4 + \sqrt{64}}{2 \cdot 1} = \frac{4 + 8}{2} = \frac{12}{2} = 6.$$

$$y_1 = -2, \quad y_2 = 6.$$

Ҷавоб:  $y_1 = -2, y_2 = 6.$

Аз ин ҷо ҳулоса кардан мумкин аст, ки ду давраи додашуда дар ду нуқта

якдигарро мебуранд:  $M_1(2;-2), M_2(2;6).$  Ҷавоб:  $\begin{cases} x_1 = 2, \\ y_1 = -2. \end{cases}$  ва  $\begin{cases} x_2 = 2, \\ y_2 = 6. \end{cases}$

Акнун забонҳои барномасозиро истифода бурда, модели графии онҳоро аз рӯйи системаҳои муодилаҳои додашуда пай дар пай тасвир менамоем, ки аз ин нуқтаи назар низ ҷавоби графии масъалаи додашуда ба ҷавоби математикии он мувофиқат менамояд.

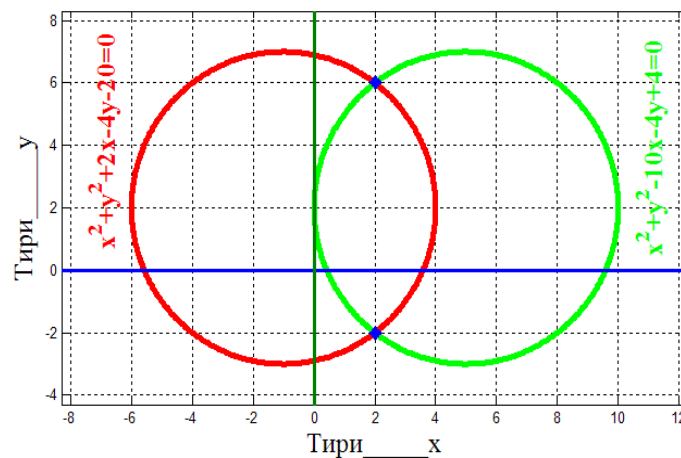
Сараввал координатаҳои нуқтаҳои буриши графии системаи муодилаҳои додашудаи намуди зерини  $\begin{cases} x^2 + y^2 - 10x - 4y + 4 = 0, \\ x^2 + y^2 + 2x - 4y - 20 = 0. \end{cases}$  – ро тасвир менамоем, ки намуди онҳо дар расми 2 нишон дода шудааст.

**Модели компютер:** Масъаларо бо намуди алгоритми зерин пешниҳод менамоем:

```
f1=ezplot(' x.^2+y.^2-10*x-4*y+4=0 ',[-8.3 12.3 -4.3 8.3]);
hold on;set(f1,'color','g');hold on; set(f1,'LineWidth',4.44); grid on
hold on;line([-8.3,0;12.3,0],[0,-4.3;0,8.3],'LineWidth',2.34);
M1=text(11,0.44,'\bf{x^2+y^2-10x-4y+4=0}','Rotation',90,'FontName','Times New
Roman','Color','g','FontSize',18.44);
f1=ezplot(' x.^2+y.^2+2*x-4*y-20=0 ',[-8.3 12.3 -4.3 8.3]);
hold on;set(f1,'color','r');hold on;set(f1,'LineWidth',4.44); grid on
hold on;line([-8.3,0;12.3,0],[0,-4.3;0,8.3],'LineWidth',2.34);
M1=text(-7,0.44,'\bf{ x^2+y^2+2x-4y-20=0 }','Rotation',90,'FontName', 'Times New
Roman','Color','r','FontSize',18.44);
hold on; x1=2;y1=-2;plot(x1,y1,'*','lineWidth',3.07)
```

```
hold on; x1=2;y1=6;plot(x1,y1,'*', 'lineWidth',3.07)
xlabel('Тири _____ x', 'fontsize',18.44,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');
ylabel('Тири _____ y', 'fontsize',18.44,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');
```

Натиҷаи коркарди ин барнома дар расми 2 оварда шудааст.



**Расми 2.** Графики системаи муодилаҳои  $\begin{cases} x^2 + y^2 - 10x - 4y + 4 = 0, \\ x^2 + y^2 + 2x - 4y - 20 = 0. \end{cases}$

Масъалаи №3. Шарти масъала чунин аст: Координатаҳои нуқтаҳои буриши ду давраро ёбед, ки онҳо бо муодилаҳои зерин дар система оварда шудаанд. Иббот намоед, ки ду муодилаи давраро, ки дар чунин намуд дода шудаанд, ягон нуқтаи буриш надоранд.

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 37 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 3 = 0. \end{cases}$$

**Ҳал.** Барои ёфтани координатаҳои нуқтаҳои буриши хатҳои додашуда, ду системаи муодилаҳоро ҳал кардан лозим аст, ки он чунинанд:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 37 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 3 = 0. \end{cases}$$

Акнун системаи муодилаҳои додашударо пай дар пай ҳал менамоем.

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 37 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 3 = 0. \end{cases}$$

$$(x^2 + y^2 - 14x - 4y + 37) - (x^2 + y^2 + 6x - 4y - 3) = 0,$$

$$x^2 - x^2 + y^2 - y^2 - 14x - 6x - 4y - (-4y) + 37 - (-3) = 0,$$

$$x^2 - x^2 + y^2 - y^2 - 14x - 6x - 4y + 4y + 37 + 3 = 0,$$

$$-20x + 40 = 0; \quad -20x = -40; \quad (-1*); \quad 20x = 40; \quad x = \frac{40}{20}; \quad x_1 = 2. \quad \text{Ҷавоб: } x_1 = 2.$$

Ё ин ки ҳар ду тарафи муодилаи намуди  $20x = 40$ ; - ро ба 20 тақсим менамоем, он гоҳ чунин намудро мегирад:

$$\frac{20x}{20} = \frac{40}{20}, \quad x_1 = 2.$$

$$x^2 + y^2 - 14x - 4y + 37 = 0, \quad (1)$$

$$x_1 = 2.$$

$$2^2 + y^2 - 14 \cdot 2 - 4y + 37 = 0; \quad 4 + y^2 - 28 - 4y + 37 = 0; \quad y^2 - 4y + 4 - 28 + 37 = 0;$$

$$y^2 - 4y + 13 = 0; \quad D = b^2 - 4ac = -4^2 - 4 \cdot 1 \cdot 13 = 16 - 4 \cdot 13 = 16 - 52 = -36 < 0.$$

Аз ин ҷо хулоса кардан мумкин аст, ки ду давраи додашуда дар ягон нуқта якдигарро намебуранд, яъне нуқтаи буриш надоранд.

Акнун забонҳои барномасозиро истифода бурда, модели графии онҳоро аз рӯйи системаҳои муодилаҳои додашуда пай дар пай тасвир менамоем, ки аз ин нуқтаи назар низ ҷавоби графии масъалаи додашуда ба ҷавоби математикии он мувофиқат менамояд.

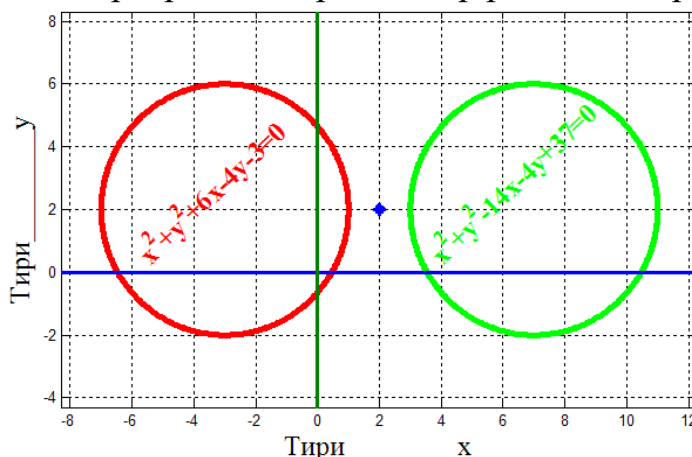
Сараввал координатаҳои нуқтаҳои буриши графии системаи муодилаҳои додашудаи намуди зерини  $\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 37 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 3 = 0. \end{cases}$  – ро тасвир

менамоем, ки намуди онҳо дар расми 3 нишон дода шудааст.

**Модели компютер:** Масъаларо бо намуди алгоритми зерин пешниҳод менамоем:

```
f1=ezplot(' x.^2+y.^2-14*x-4*y+37=0 ',[-8.3 12.3 -4.3 8.3]);
hold on;set(f1,'color','g');hold on; set(f1,'LineWidth',4.44); grid on
hold on;line([-8.3,0;12.3,0],[0,-4.3;0,8.3],'LineWidth',2.34);
M1=text(3.44,0.44,'\bf{ x^2+y^2-14x-4y+37=0}','Rotation',44.44,'FontName','Times
New Roman','Color','g','FontSize',17.44);
f1=ezplot(' x.^2+y.^2+6*x-4*y-3=0 ',[-8.3 12.3 -4.3 8.3]);
hold on;set(f1,'color','r');hold on; set(f1,'LineWidth',4.44); grid on
hold on;line([-8.3,0;12.3,0],[0,-4.3;0,8.3],'LineWidth',2.34);
M1=text(-6.01,0.44,'\bf{ x^2+y^2+6x-4y-3=0 }', 'Rotation',44.44,'FontName', 'Times
New Roman','Color','r','FontSize',17.44);
hold on;x1=2;x2=2;plot(x1,x2,'*','lineWidth',3.07)
xlabel('Тири _____ x','fontsize',18.44,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');
ylabel('Тири _____ y','fontsize',18.44,'FontName','Times New Roman', 'Color','k');
```

Натиҷаи коркарди ин барнома дар расми 3 оварда шудааст.



**Расми 3. Графики системаи муодилаҳои**

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 14x - 4y + 37 = 0, \\ x^2 + y^2 + 6x - 4y - 3 = 0. \end{cases}$$

Аз расми 3 айён аст, ки ду давраи додашуда дар ягон нукта якдигарро намебуранд, яъне нуктаи буриш надоранд.

### Адабиёт

1. *Бурҳонов У., Шарипов Ҷ.* Геометрия. Китоби дарсӣ барои синфи 7 – уми мупссисаҳои таҳсилоти умумӣ. – Душанбе: Маориф, 2021. – 112 саҳ.
2. *Раззоқов А.А.* Ҳалли масъалаҳои геометрӣ бо ёрии муодилаи квадратӣ ва системаи муодилаҳои алгебравӣ / *А.А. Раззоқов, Ф.А. Маҳмадмуродова, М. Абдуалимова, Г. Сайфова* // Проблемаҳои муосири математика ва тайёрии касбӣ – методии омӯзгори математика дар мактаби олии педагогӣ. Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ – амалӣ бахшида ба 70 – солагии номзади илмҳои физики ва математика, дотсент Норов Қ. Таҳти назари узви вобастаи АТТ *М. Нугмонов.* – Душанбе: ДДОТ ба номи С Айнӣ, 2018. – 206 с. – с 139-147.
3. *Ҷӯраев Х.Ш.* Физикаи муҳитҳои конденсӣ (Дастурӣ таълимӣ). – Душанбе: - 2023. – 112с.
4. *Ҷӯраода Х.Ш.* Моделсозӣ. – Душанбе: Хирадмандон. – 2025. – 192 саҳ.
5. *Шукурзод Т.А.* Геометрия, намунаи ҳалли масъалаҳо аз планиметрия ва стереометрия / *Т.А. Шукурзод, М.С. Шодиев, А.Т. Кабиров*// - Душанбе: «Шарқи озод». -2014. -508 саҳ.

## ТАТБИҚИ МОДЕЛСОЗИИ МАТЕМАТИКӢ ВА КОМПЮТЕРӢ ДАР РАВАНДИ ҲАЛЛИ МАСЪАЛАҲОИ ГЕОМЕТРӢ РОҶЕЪ БА БУРИШИ ДУ ДАВРА

**Фиишурда.** Дар мақолаи мазкур татбиқи моделсозии математикӣ ва компютерӣ дар раванди ҳалли масъалаҳои геометрӣ роҷеъ ба буриши ду давра баррасӣ гардидааст, ки ҳамчун таҳқиқоти илмӣ дар раванди ҳалли масъалаҳои таълимии математика ва геометрия дар муассисаҳои таҳсилоти олӣ истифода кардан ҷоиз аст. Дар ин мақола се ҳолати омӯзиши ду давраҳо нисбат ба якдигар нишон дода шудааст. Натиҷагирӣ, ки дар ин мақола ба анҷом расонида шудааст дар муҳити барномаи MATLAB амалӣ гардидааст ва бо намуди алгоритм пешниҳод гардидааст.

**Калидвожаҳо:** модел, моделсозӣ, компютер, муодила, масъала, давра, алгоритм, буриш, элементҳои моделсозӣ, барномасозӣ.

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ДВУХ ОКРУЖНОСТЕЙ

**Аннотация.** В данной статье рассматривается применение математического и компьютерного моделирования в процессе решения геометрических задач на пересечение двух окружностей. Данный подход обоснован как научное исследование, которое целесообразно использовать в процессе решения учебных задач по математике и геометрии в учреждениях высшего профессионального образования. В статье представлены три случая взаимного расположения двух окружностей. Результаты исследования реализованы в среде программирования MATLAB и представлены в виде алгоритма.

**Ключевые слова:** модель, моделирование, компьютер, уравнение, задача, окружность, алгоритм, пересечение, элементы моделирования, программирование.

### APPLICATION OF MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING IN THE PROCESS OF SOLVING GEOMETRIC PROBLEMS CONCERNING THE INTERSECTION OF TWO CIRCLES

**Abstract.** This article examines the application of mathematical and computer modeling in the process of solving geometric problems related to the intersection of two circles. This approach is substantiated as a scientific study suitable for use in solving educational problems in mathematics and geometry within higher professional education institutions. The article presents three cases of the mutual positioning of two circles. The results of the study are implemented in the MATLAB programming environment and presented in the form of an algorithm.

**Keywords:** model, modeling, computer, equation, problem, circle, algorithm, intersection, elements of modeling, programming.

**Маълумот оиди муаллифон:** Шарофиддин Юсуфӣ - Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав, ассистенти кафедраи “Методикаи таълими математика (МТМ)”. Суроға: 735140, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Бохтар, хиёбони Айнӣ, 67. Телефон: +992 919127413. E-mail: [sharofiddinnnn@mail.ru](mailto:sharofiddinnnn@mail.ru)

**Восидов Шамсиддин Юсуфович** – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, н.и.п., дотсенти кафедраи “Мошинҳои ҳисоббарор, системаҳо ва шабакаҳо”. Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, 734025, шаҳри Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Телефон: +992 917 23 29 18. E-mail: [shamsiddinnnn@mail.ru](mailto:shamsiddinnnn@mail.ru)

**Сведения об авторах:** Шарофиддин Юсуфи – Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава, ассистент кафедры методики преподавания математики (МПМ). Адрес: 735140, Республика Таджикистан, г. Бохтар, пр. Айнӣ, 67. Телефон: +992 919127413. E-mail: [sharofiddinnnn@mail.ru](mailto:sharofiddinnnn@mail.ru)

**Восидов Шамсиддин Юсуфович** – Таджикский национальный университет, к.п.н., доцент кафедры “Вычислительные машины, системы и сети”. Адрес: Республика Таджикистан, 734025, город Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: +992 917 23 29 18. E-mail: [shamsiddinnnn@mail.ru](mailto:shamsiddinnnn@mail.ru)

**Information about the authors: Sharofiddin Yusufi** - Bokhtar State University named after Nosir Khusrav, assistant of the department of methods of teaching mathematics (MPM). **Address:** 735140, Republic of Tajikistan, Bokhtar, prospect. Aini67. **Phone:** +992 919 12 74 13. **E-mail:** [sharofiddinnn@mail.ru](mailto:sharofiddinnn@mail.ru)

**Vosidov Shamsiddin Yusufovich** – Tajik National University, Candidate of Pedagogical Sciences (PhD), Associate Professor at the Department of "Computing Machines, Systems, and Networks." **Address:** 17 Rudaki Avenue, Dushanbe city, 734025, Republic of Tajikistan. **Phone:** +992 917 23 29 18 **E-mail:** [shamsiddinnnn@mail.ru](mailto:shamsiddinnnn@mail.ru)

**Муқарриз: Пиров Х.** – н.и.м., дотсенти  
кафедраи математикаи олии Донишгоҳи  
давлатии Данғара

Мақола ба редаксия ворид шуд: 19.02.2026

Аз тақриз баргашт: 12.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 20.04.2026

УДК 536.12.34(06)

ТАДҚИҚИ КОЭФФИЦИЕНТИ ЧАСПАКИИ МАҲЛУЛИ ПОЛИМЕРӢ  
БО КОНСЕНТРАТСИЯИ МУАЙЯНИ ПОЛИСТИРОЛ ДАР БЕНЗОЛ  
ВОБАСТА АЗ ҲАРОРАТ

Назруллозода А.С., Неъматов А., \*Баротов Н.И.

Донишгоҳи давлатии Омӯзгорӣи Тоҷикистон ба номи С. Айни

\*Донишгоҳи давлатии Дангара

Таҳқиқи сохт, коркарди технологӣ ва таҳлили хосиятҳои физикиву химиявии пайвастагиҳои калонмолекула, махсусан пайвастагиҳои полимерӣ, ки дар шароити муосир ҳамчун маводҳои зарурии ашёҳои рӯзгор, сохтмонӣ ва техникаро ташкил мекунанд, яке аз масъалаҳои **актуалӣ** ба шумор меравад. Омӯзиши хосиятҳои онҳо дар майдонҳои ҳароратӣ вобаста аз консентратсия ва фишор, ба даст овардани натиҷаҳои аниқу дақиқи таҷрибавӣ дар назарияи масолахшинсӣ ва шарҳи як қатор ҳодисаҳои ҳароратии моддаҳо ва қонуниятҳои термодинамика талаботи илм мебошад. Гарчанде дар ин чода корҳои зиёде ба анҷом расида бошад ҳам, боз дар самти физика ва химияи истехсолӣ мушкилотҳои мавҷуданд, ки диққати мутахассисони соҳавиро ба худ ҷалб намуда, коркарди иловагӣ талаб карда мешавад. Бинобар ин мо лозим донистем, ки коэффитсиентҳои часпакии кинематикӣ, часпакии динамикӣ ва зичии маҳлули полимери бо консентратсияи муайяни полистирол дар бензолро вобаста аз ҳарорат таҷрибавӣ санҷида, натиҷаҳои ҳосилшударо пешкаш намоем.

Чуноне ки маълум аст, коэффитсиенти часпакии кинематикӣ тибқи натиҷаҳои таҷрибавии коэффитсиенти часпакии динамикӣ ва зичии маҳлулҳо бо ифодаи зерин муайян карда мешавад [1, С.47-61, 2, С.73-77, 3, С.17-27, 4, С. 403]:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \quad [\text{м}^2/\text{с}] \quad (1)$$

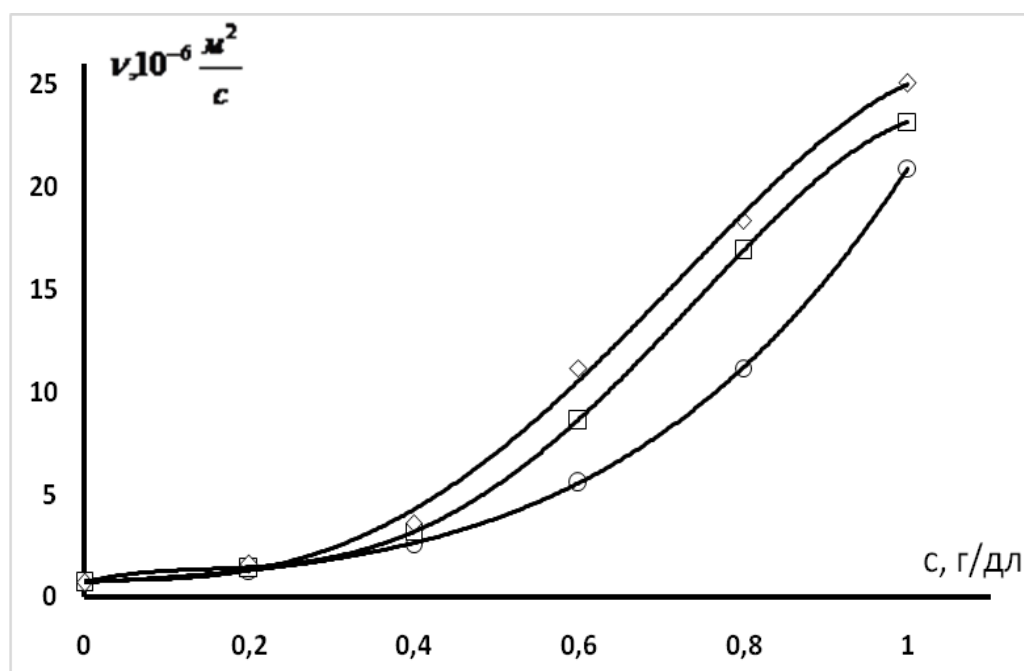
ин чо,  $\eta$  - коэффитсиенти часпакии динамикии маҳлули тадқиқшаванда (Па·с) ва  $\rho$  - зичии маҳлулҳо ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) мебошад.

Хусусияти гармофизикии маҳлулҳои полимерӣ дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати хона бо усули таҷрибавӣ - бо усули вискозиметри капиллярӣ ва денсиметрӣ муайян ва натиҷаи озмоиш дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

### Ҷадвали 1.

Тағйирёбии коэффитсиенти часпакии кинематикии маҳлули полимерӣ (бензол+ПС) вобаста ба консентратсияи полистирол дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати хона (натиҷаи ченкунӣ)

$c, \text{ г/дл}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	Ченкунӣ
$\nu_1, 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	0,695	1,29	2,6	5,56	11,16	20,90	Якум
$\nu_2, 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	0,695	1,40	3,21	8,59	16,91	23,18	Дуюм
$\nu_3, 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	0,695	1,59	3,62	11,16	18,36	25,08	Сеюм
Тафовути часпакии кинематикӣ, %	0	23,3	38,5	100,7	64,5	20,0	



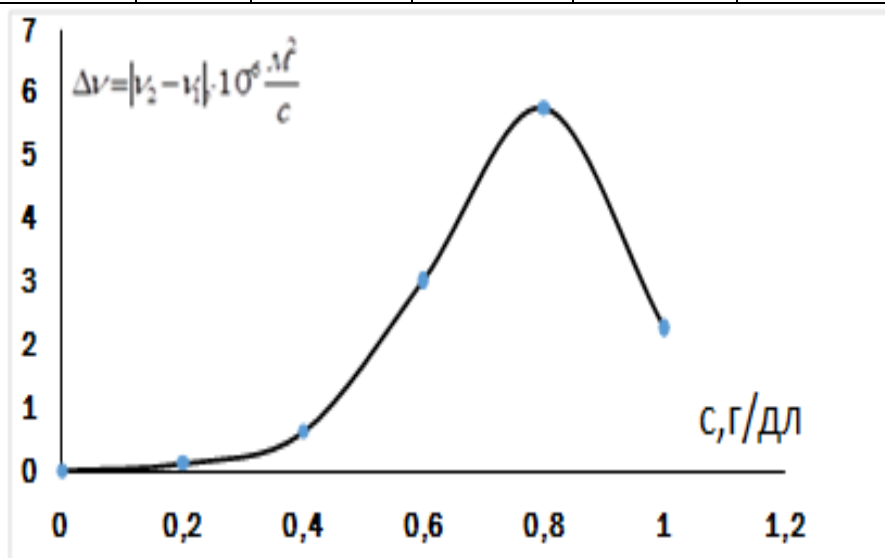
**Расми 1.** Тағйирёбии коэффитсиенти часпакии кинематикии маҳлули полимерӣ (бензол+ПС) вобаста ба консентратсияи полистирол дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати хона (натиҷаи ченкунӣ)

Тибқи ҷадвали 1 ва расми 1 маълумот дар бораи натиҷаҳои андозагирӣ нишон ва қиматҳо барои ҳисоб намудани коэффитсиенти часпакии кинематикии системаи бензол бо полистирол дар фишори  $P=0,101\text{МПа}$  ва ба ҳисоби миёна дар ҳарорати  $T=293\text{К}$  истифода мешаванд [4, С.403, 5, С.20, 6, С. 644]. Ҷиҳати ошкоркунии раванди ҳалшавии полистирол дар бензол қиматҳои маҳлули тадқиқшавандаро дар ҳарорати хона ва фишори атмосферӣ ҳисоб намудем. Тибқи расми 2 ва ҷадвали 2 ҳангоми зиёдшавии консентратсияи полистирол дар бензол қимати ( $\Delta\nu, \text{м}^2/\text{с}$ ) мувофиқи қонуни параболӣ меафзояд.

### Ҷадвали 2.

Натиҷаҳои ҳисоби ададии ҳаспакии кинематикӣ ( $\Delta v$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$ ) тибқи натиҷаи силсилаи ченакуниҳои коэффитсиенти ҳаспакии динамикӣ ва зичии маҳлулҳо

$c$ , г/дл	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\Delta v =  v_2 - v_1  \cdot 10^{-6}, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	0	0,11	0,61	3,035	5,78	2,28



**Расми 2.** Вобастагии коэффитсиенти ҳаспакии кинематикӣ маҳдули полимерӣ аз консентратсияи полистирол дар ҳарорати  $T=293\text{K}$  ва фишори атмосферӣ

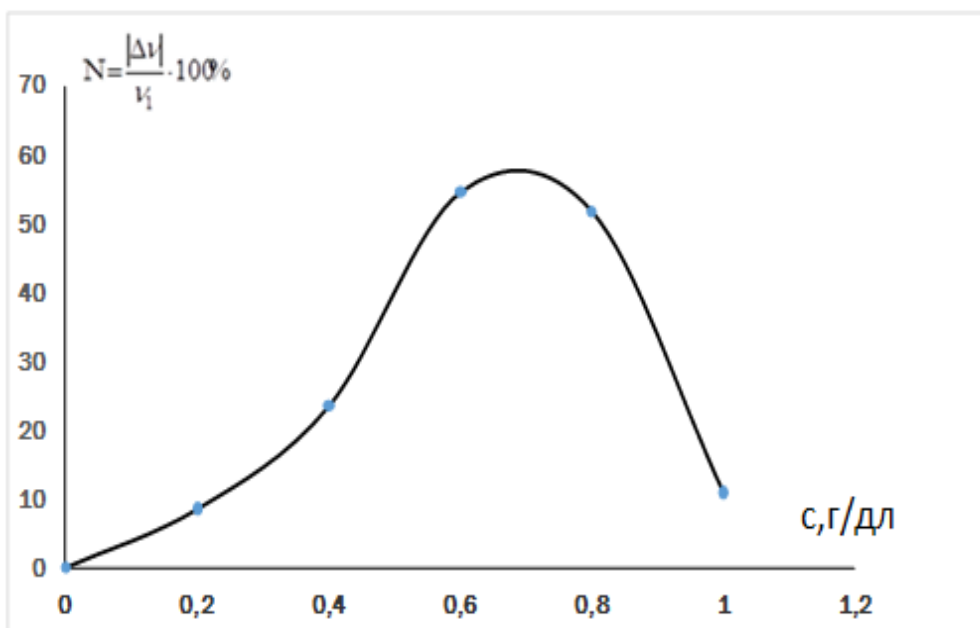
Аз расми 3 ва ҷадвали 3 дида мешавад, ки қимати таносуби консентратсияи ҳаҷмии полистирол ва маҳлулҳои системаи бензол бо полистирол тибқи қонуни параболӣ меафзояд.

Чунин тағйирот бо тағйирёбии зичии маҳлулҳо ва ҳалшавии полистирол вобаста буда, дар навбати худ бо тағйирёбии сохтори полистирол ва бензол алоқаманд аст. Бо илова намудани то 1,0 г/дл полистирол дар бензол (15 рӯзи ҳалшавӣ) коэффитсиенти ҳаспакии кинематикӣ 29,3 маротиба ва дар 350 рӯзи ҳалшавӣ коэффитсиенти ҳаспакии кинематикӣ 35,1 маротиба зиёд мешавад.

### Ҷадвали 3.

Таносуби байни консентратсияи ҳаҷмии полистирол ва маҳлулҳои системаи бензол ва полистирол

$c$ , г/дл	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$N = \frac{ \Delta v }{v_1} \cdot 100\%$	0	8,5	23,46	54,59	51,79	10,90



**Расми 3.** Вобастагии таносуби фоизи раванди ҳалишавандагии полистирол дар бензол тибқи параметрҳои муқаррарӣ.

Ҷиҳати муқаррар намудани гармигузаронӣ, ҳароратгузаронӣ, зичӣ ва часпакии динамикии модда дар параметрҳои баланди ҳолат назарияи монандии термодинамикӣ ба намуди функсияи зерин истифода бурда шуд:

$$\left(\frac{\eta_{P,T}}{a_{P,T} \cdot \rho_{P,T}}\right) / \left(\frac{\eta_{P,T}}{a_{P,T} \cdot \rho_{P,T}}\right)_1 = f \left[ \left(\frac{\lambda_{P,T}}{C_{P,T} \cdot a_{P,T} \cdot \rho_{P,T}}\right) / \left(\frac{\lambda_{P,T}}{C_{P,T} \cdot a_{P,T} \cdot \rho_{P,T}}\right)_1 \right], \quad (2)$$

ин ҷо,  $\eta_{P,T}$ ,  $\rho_{P,T}$ ,  $C_{P,T}$  - мувофиқан часпакии динамикӣ, интиқоли ҳарорат, зичӣ ва гармиғунҷоиши хос ҳангоми ҳарорати Т ва фишори Р:

$$\left(\frac{\lambda_{P,T}}{C_{P,T} \cdot a_{P,T} \cdot \rho_{P,T}}\right)_1, \text{ ҳангоми } \left(\frac{\eta_{P,T}}{a_{P,T} \cdot \rho_{P,T}}\right)_1 = 2,4.$$

Масалан, иҷрошавии вобастагии (1) барои эфири дипропил дар расми 1 нишон дода шудааст. Тавре, ки аз расм дида мешавад, нуктаҳои таҷриба қад-қадӣ хати рост муназзам ҷой гирифтаанд. Муодилаи ин хати рост намуди зеринро дорад:

$$\left(\frac{\lambda_{P,T}}{C_{P,T} \cdot \rho_{P,T}}\right) / \left(\frac{\eta_{P,T}}{a_{P,T}}\right)_1 = 9,52 \left[ \left(\frac{\lambda_{P,T}}{C_{P,T} \cdot a_{P,T} \cdot \rho_{P,T}}\right) / \left(\frac{\lambda_{P,T}}{C_{P,T} \cdot a_{P,T} \cdot \rho_{P,T}}\right)_1 \right] = 8,62 \quad (3)$$

Бо ёрии муодилаи (2) метавон часпакии динамикии маҳлули полистиролро вобаста ба ҳарорат ва фишор ҳисоб намуд, ки дар соҳаи васеи ҳарорату фишор қарор дорад ва ин ҳангоми муайян будани қимати зерин сурат мегирад:

$$\lambda_{P,T}, C_{P,T}, a_{P,T}, \rho_{P,T} \text{ ва } \left(\frac{\lambda_{P,T}}{C_{P,T}, a_{P,T}, \rho_{P,T}}\right)_1$$

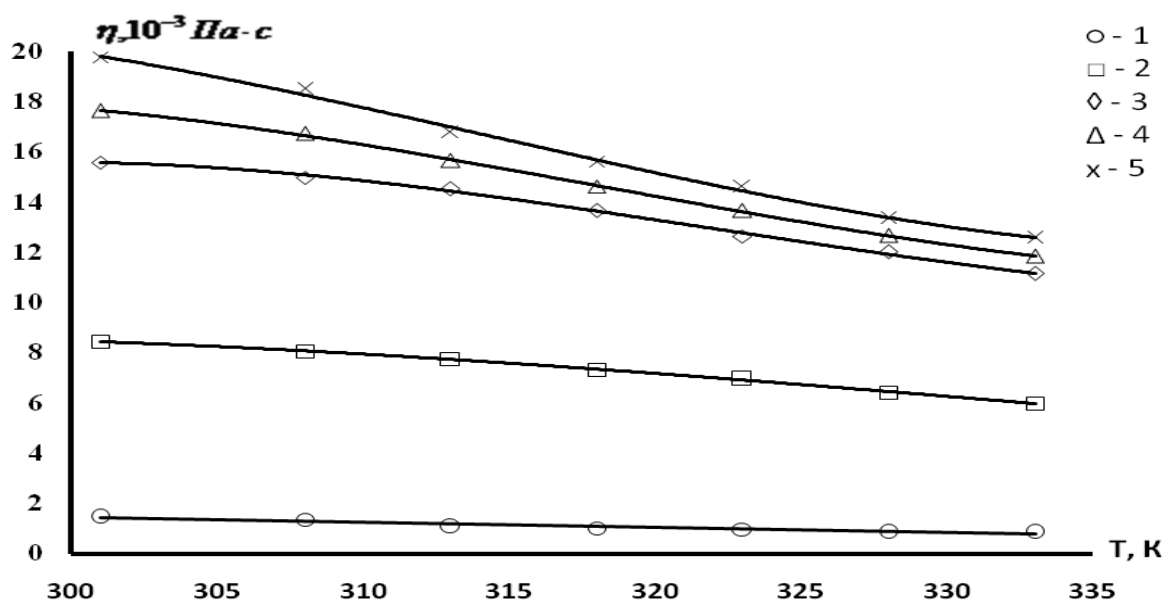
Қиматҳои ҳисобкунии часпакии динамикӣ мувофиқи муодилаи (2) бо ҳатогии 2–6% бо нишондодҳои таҷрибавӣ мувофиқ меоянд.

Барои муайян кардани часпакии динамикии маҳлулҳо дастгоҳ бо часпаксанҷи найчагӣ таъмин карда шудааст [6, С.644, 7, С. 1221-1225]. Ҳатогии умумии нисбии часпакии динамикӣ ҳангоми эҳтимолияти эътимоднокии  $\alpha=0,95$  ба 2,6% ва 0,01% баробар мебошад. Натиҷаҳои таҷрибавии часпакии динамикӣ, бо консентратсияи полистирол дар фишори атмосферӣ ва ҳароратҳои гуногун тибқи ҷадвали 4 ва расми 4 нишон дода шудааст.

#### Ҷадвали 4.

Вобастагии коэффитсиенти часпакии динамикӣ ( $\eta \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ) вобаста ба ҳарорат ва консентратсияи полистирол

Ҳарорат, Т, К./ Консентратсия.	301	308	313	318	323	328	333
$C_6H_6+0,2\text{г/длПС}$	1,46	1,35	1,08	1,02	0,97	0,86	0,85
$C_6H_6+0,4\text{ г/длПС}$	8,44	8,05	7,75	7,33	6,95	6,41	5,99
$C_6H_6+0,6\text{ г/длПС}$	15,57	14,98	14,53	13,66	12,63	12,01	11,15
$C_6H_6+0,8\text{ г/длПС}$	17,63	16,72	15,64	14,63	13,65	12,67	11,85
$C_6H_6+1,0\text{ г/длПС}$	19,77	18,50	16,77	15,62	14,60	13,36	12,58



**Расми 4.** Вобастагии коэффитсиенти часпакии динамикии маводи тадқиқотӣ аз ҳарорат ва консентратсияи маҳлули полистирол: 1-0,2г/дл; 2-0,4г/дл; 3-0,6г/дл; 4-0,8г/дл; 5-1,0 г/дл. [7].

Тавре, ки аз маълумоти расми 4 ва ҷадвали 4 дида мешавад бо афзоиши ҳарорат коэффитсиенти часпакии динамикии маҳлулҳои тадқиқотӣ кам ва бо зиёдшавии консентратсияи полистирол дар бензол аз рӯи қонуни экспоненциалӣ меафзояд.

## Адабиёт

1. *Голубев, И.Ф.* Определение удельного веса жидкостей и газов при высоких давлениях методом гидростатического взвешивания. / *И.Ф. Голубев* // Научно труды ГИАП. – М., 1957. – Вып.УП. – С.47-61;
2. *Давлатов, Р.Дж.* Плотность системы (полистирола и бензола) в зависимости от времени растворимости и концентрации полистирола. /*М.М. Сафаров, А.Неъматов, Р.Дж., Давлатов, Г.П. Шозиёев, С.С. Рафиев, Д.Ш., Хакимов, А. Р. Раджабов*// Вестник Таджикского национального университета, (научный журнал), Серия естественных наук, Душанбе, Сино, 2016, 1/3 (216), С.73-77;
3. *Давлатов, Р.Дж.* Взаимосвязь между динамической вязкостью и коэффициентом преломления света растворов в зависимости от температуры при атмосферном давлении. / *Р.Дж. Давлатов, М.М.Сафаров, А.Неъматов Д.Ш. Хакимов, А.Р. Раджабов, Х.Х. Ойматов*//Политехнический вестник. Серия Интеллект. Инновации. Инвестиции. Душанбе, №4(40) – 2017. С.17-27;
4. *Цедерберг, Н.В.* Теплопроводность газов и жидкостей. -М.: Госэнергоиздат, 1963. 403 с.;
5. *Давлатов Р.Ч.* Таҳқиқоти часпакии динамикӣ ва нишондиҳандаи шикасти рушноии маҳлулҳои бензол+полистирол бо консентратсияҳои гуногун дар фишори атмосферӣ вобаста ба вақти ҳалшавӣ ва ҳарорат. – Хоруғ.- 2026.
6. *Абовский, В.А.* Уравнение Тейта. // Теплофизика высоких температур. – 1972. – Т. 9. –С. 644;
7. *Абовский, В.А.* Об уравнении состояния Тейта//Теплофизика высоких температур. - 1972. -Т. 10.- № 6. -С. 1221-1225;

## ТАДҚИҚИ КОЭФИЦИЕНТИ ЧАСПАКИИ МАҲЛУЛИ ПОЛИМЕРӢ БО КОНСЕНТРАТСИЯИ МУАЙЯНИ ПОЛИСТИРОЛ ДАР БЕНЗОЛ ВОБАСТА АЗ ҲАРОРАТ

**Фшшурда.** Дар мақола оид ба тағйирёбии зарифҳои часпакии кинематикӣ, динамикӣ ва зичии маҳлули полимерӣ (бензол+ПС) вобаста ба консентратсияи полистирол дар фишори атмосферӣ ва ҳарорати хона таҷрибави санчида шудааст. Вобастагии зарифи часпакии кинематикӣ маҳлули полимерӣ аз консентратсияи полистирол дар ҳарорати  $T=293K$  ва фишори атмосферӣ, таносуби фоизи раванди ҳалшавандагии полистирол дар бензол тибқи параметрҳои муқаррарӣ ва вобастагии зарифи часпакии динамикӣ вобаста ба ҳарорат ва консентратсияи полистирол нишон дода шудааст.

**Калидвожаҳо:** кинематикӣ, динамикӣ, зичӣ, махлул, полимер, ҳарорат, концентратсия, полистирол, бензол, фишори атмосферӣ, часпаксанчи найчагӣ, эътимоднокӣ.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ РАСТВОРА ПОЛИМЕРА С ОПРЕДЕЛЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ПОЛИСТИРОЛА В БЕНЗОЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

**Аннотация.** В статье экспериментально исследуется изменение коэффициентов кинематической, динамической вязкости и плотности полимерного раствора (бензол + полистирол) в зависимости от концентрации полистирола при атмосферном давлении и комнатной температуре. Показана зависимость коэффициента кинематической вязкости полимерного раствора от концентрации полистирола при температуре  $T = 293$  К и атмосферном давлении, процентное соотношение процесса растворимости полистирола в бензоле по стандартным параметрам, а также зависимость коэффициента динамической вязкости от температуры и концентрации полистирола.

**Ключевые слова:** кинематический, динамический, плотность, раствор, полимер, температура, концентрация, полистирол, бензол, атмосферное давление, трубчатый вискозиметр, надежность

## **STUDY OF THE VISCOSITY COEFFICIENT OF A POLYMER SOLUTION WITH A CERTAIN CONCENTRATION OF POLYSTYRENE IN BENZENE DEPENDING ON TEMPERATURE**

**Annotation.** This article experimentally investigates the changes in the kinematic and dynamic viscosity coefficients and density of a polymer solution (benzene + polystyrene) depending on the polystyrene concentration at atmospheric pressure and room temperature. The article demonstrates the dependence of the kinematic viscosity coefficient of the polymer solution on the polystyrene concentration at a temperature of  $T = 293$  K and atmospheric pressure, the percentage of polystyrene solubility in benzene using standard parameters, and the dependence of the dynamic viscosity coefficient on temperature and polystyrene concentration.

**Key words:** kinematic, dynamic, density, solution, polymer, temperature, concentration, polystyrene, benzene, atmospheric pressure, tube viscometer, reliability.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Назруллозода А.С. – н.и.т., дотсенти кафедраи физикаи эксперименталии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни. Телефон: (+992) 918-42-91-13. E-mail: [abdukodir-70@mail.ru](mailto:abdukodir-70@mail.ru).

**Неъматов Абдуқодир** – н.и.ф.-м., дотсенти кафедраи физикаи умумии Донишгоҳи давлатии Омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни. Тел.: +992933609760, E-mail: [nematov50@mail.ru](mailto:nematov50@mail.ru).

**Баратов Намозкул Иноятович** – н.и.х., омӯзгори кафедраи физика ва географияи Донишгоҳи давлатии Данғара. Суроға: 735320, Чумхурии Тоҷикистон, вилояти Хатлон,

ноҳияи Данғара, куч. Марказӣ 25. Тел.: (+992)938-25-69-69. E-mail: [namozali.barotov@mail.ru](mailto:namozali.barotov@mail.ru)

**Информация об авторах:** *Назруллозода А.С.* – к.т.к., доцент кафедры экспериментальной физики Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни. Тел: (+992) 918-42-91-13. E-mail: [abdukodir-70@mail.ru](mailto:abdukodir-70@mail.ru).

*Нематов Абдукодир* — к.ф.-м.н., доцент кафедры общей физики Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни. Тел.: +992933609760, E-mail: [nematov50@mail.ru](mailto:nematov50@mail.ru).

*Баротов Намозкул Иноятovich* – к.х.н., преподаватель кафедры физики и географии Дангаринского государственного университета. Адрес: 735320, Республика Таджикистан, Хатлонская область, Дангаринский район, ул. Маркази, 25. Тел.: (+992) 938-25-69-69. E-mail: [namozali.barotov@mail.ru](mailto:namozali.barotov@mail.ru)

**About the author:** *Nazrullozoda A.S.* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Experimental Physics of the Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Aini. Phone: (+992) 918-42-91-13. E-mail: [abdukodir-70@mail.ru](mailto:abdukodir-70@mail.ru).

*Nematov Abdukodir* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of General Physics of the Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Aini. Address: Tel: +992933609760. E-mail: [nematov50@mail.ru](mailto:nematov50@mail.ru).

*Barotov Namozkul Inoyatovich* – Candidate of chemical sciences, lecturer of the Department of Physics and Geography of Dangara State University. Address: 735320, Republic of Tajikistan, Khatlon region, Dangara district, Markazi, 25. Phone: (+992) 938-25-69-69. E-mail: [namozali.barotov@mail.ru](mailto:namozali.barotov@mail.ru)

Муқарриз: Ризоев С. Ғ. – н.и.ф.м.  
и.в.дотсенти кафедраи физика ва географияи  
Донишгоҳи давлатии Данғара

Мақола ба редакция ворид шуд: 18.02.2026

Аз тақриз баргашт: 3.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 17.04.2026

УДК 530.314

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКО ИНТЕНСИВНОГО ИК ОБЛУЧЕНИЯ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ КАРБОНИЛЬНЫХ ГРУПП В ЭЛАСТОМЕРАХ ПРИ ДАВЛЕНИИ $\sim 10^{-2}$ ММ. РТ. СТ.

**Хабибуллоев Х.**

**Худжандский научный центр Национальной Академии наук  
Таджикистана, Худжанд, Таджикистан**

Каучуки и резины в процессе эксплуатации часто подвергаются воздействию механического напряжения и кислорода воздуха. Изучение механизма окисления механически напряженных каучуков и резин представляет не только практический, но и научный интерес. В работе [1, с.816] исследовали

влияние давления чистого кислорода на скорость окисления вулканизата полиизопрена. Было показано, что по мере уменьшения давления кислорода наблюдается рост скорости окисления с последующим падением. Это явление нами было названо бароинверсией скорости окисления. Целью настоящей работы являлось исследование влияния низко интенсивного ИК облучения на скорость окисления вулканизата цис-1,4 - полиизопрена и бутадиен-нитрильного сополимера (СКИ-40) при низком давлении. За накоплением (C=O) групп следили по полосе поглощения  $1720\text{ см}^{-1}$  в ИК спектре полиизопрена. Для регистрации ИК спектров использовали спектрофотометры UR -20 и Specord – 75 - IR. Для получения низкого давления использовали стандартную линию с устройствами и приборами, соединенным с рабочим сосудом (МА). Величина требуемого давления обеспечивалась в сосуде всё необходимое время эксперимента. Опыты проводили при температуре 293К. Для деформации эластомеров применяли стандартный зажим, позволяющий поддерживать нужную величину одноосного растяжения. Очистку образцов от примесей осуществляли выдержкой в среде четыреххлорида углерода ( $\text{CCl}_4$ ) в течении 30 мин.

Первый этап опытов посвящалось исследованию влияния выдержки при давлении  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм.рт.ст. на накопление C=O групп в СКИ-3 и СКИ-40. Эксперименты проводили следующим образом. В рабочий сосуд(МА) поместили пленки СКИ-3, как очищенные, так и неочищенные, с растяжениями 0, 30, 100 и 200%. Далее рабочий сосуд(МА) с образцами, предварительно очищали от избыточного количества воздуха откачкой при помощи форвакуумного насоса до значения давления  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм.рт.ст. и выдерживали образец в течении 20 часов, затем напускали воздух, вынимали образец и регистрировали ИК спектр. Насколько нам известно из литературы, эластомеры не изучались в этом диапазоне давлений с целью регистрации изменения (C=O) групп. Авторы [2, с.18] следили за другими характеристиками полимеров в области более высокого вакуума (например,  $4 \times 10^{-5}$  Па). (см. также [3, с.195; 4, с.141; 5, с.42]).

Результаты опытов приведены в табл.1, где даны значения оптической плотности полосы поглощения C=O групп в виде  $D/d$  (D-оптическая плотность, d- толщина образца) от времени выдержки (20 часов). Виден значительный рост (C=O) для всех величин деформаций образцов, как промытых, так и непромытых в среде ( $\text{CCl}_4$ ). Не растянутые образцы окисляются меньше растянутых.

**Таблица1.** *Изменение концентрации карбонильных групп в СКИ-3 находившихся при давлении  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм.рт.ст в течении 20 часа.*

Деформация, %	Исходное значение, D/d	Конечное значение, D/d	примечание
0	0,71	3,05	неочищен
30	0,79	3,54	неочищен
100	0,65	3,25	неочищен
0	1,53	3,21	очищен
100	1,03	3,14	очищен

Для проведения следующего эксперимента были взяты недеформированные образцы с большим разбросом исходного значения концентрации карбонильных групп в СКИ-3. Эта группа образцов так же выдерживались при давлении  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм.рт.ст. в течение 20 часов. Результаты сведены в табл.2, откуда виден разброс и по величинам конечного окисления.

**Таблица 2.** Изменение концентрации карбонильных групп в СКИ-3 и СКН-40, находившихся при давлении  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм.рт.ст в течении 21 часа. (образцы не очищены)

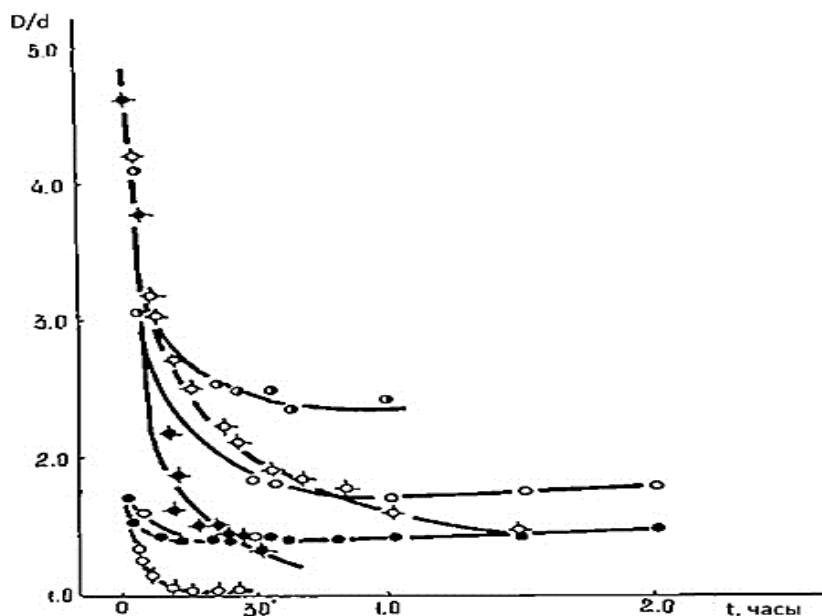
Вид образца	Исходное значение, D/d	30 минут выдержки, D/d	Конечное значение, D/d
СКИ-3	0,5	0,68	1,91
СКИ-3	2,06	2,29	2,40
СКН-40	4,41	4,59	4,58
СКН-40	5,04	5,05	4,78

Тем не менее, подводя итоги этих экспериментов, можно считать доказанным, что в данных условиях происходит рост содержания карбонильных групп, ускоряющийся напряжением каучука.

Возрастание ( $C=0$ ) групп может происходить на следующих этапах процесса: 1) в первые минуты, когда активно идет откачка  $O_2$ ; 2) в течение всего опыта; 3) в первые минуты после напуска воздуха, когда эластомер начинает активно релаксировать и поглощать кислород при смене давления с форвакуумного до атмосферного. Поэтому для выяснения механизма процесса необходимо было изучить его кинетику.

Для получения кинетической кривой  $C(t)$  был использован криостат, (отметим, что объём криостата в 15 раз меньше МА) входящий в стандартный комплект спектрофотометров UR-20 и Specord - 75 IR. Его конструкция, позволяющая также добиваться давлений до  $\sim 8 \times 10^{-2}$ -мм. рт. ст., и имеющиеся окошки для прохождения ИК излучения, полностью отвечала требованиям эксперимента. Для регистрации точек  $C(t)$  криостат помещали в ячейку UR-20,

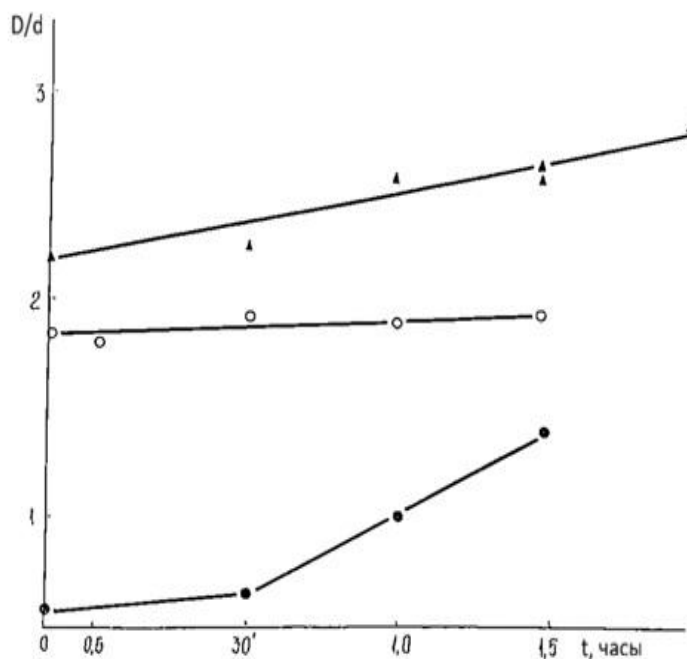
добивались необходимого давления и периодически регистрировали спектры в области поглощения полос  $C=O$  групп. Оказалось, что при этих условиях проведения опыта никакого возрастания концентрации карбонильных групп не наблюдается. Более того, происходит их резкое уменьшение концентрации карбонильных групп имеющихся в образце, уже в первые минуты наблюдения (рис.1) как для СКИ-3, так и для СКН-40.



**Рисунок 1.** Уменьшение концентрации  $C=O$  групп при действии ИК – облучения на образцы СКИ-3 (верхняя группа кривых) и СКН-40 (нижняя группа кривых) при давлении  $8 \times 10^{-2}$  ммрт.ст. (вид точек означает различные образцы).

Изменения других полос ИК спектров эластомеров в эксперименте обнаружено не было. Логарифмирование этих зависимостей показывает, что  $\ln(D/D_0)$  не является прямой линией, следовательно, падение концентрации  $C=O$  групп не является экспоненциальным.

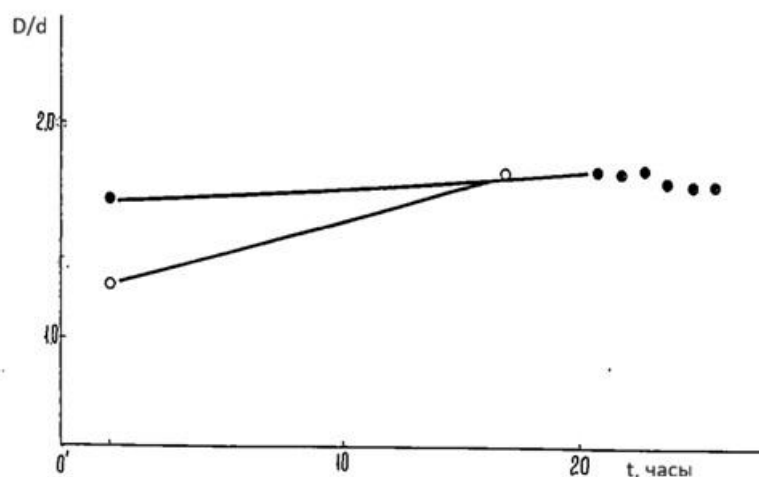
Столь различные результаты были получены при практически одинаковых условиях, но в сосудах, отличающихся объемом. Как было отмечено, выше объем криостата в 15 раз меньше объема (МА). Все это выглядело так, что в одном сосуде (МА) происходит рост ( $C=O$ ), а в другом (криостате) нет. Поэтому следующим естественным шагом было изучение процесса окисления образцов в рабочем сосуде (МА) при его уменьшенном объеме. Результаты этого эксперимента приведены на рис.2.



**Рисунок 2.** Изменение концентрации  $C=O$  групп от времени выдержки СКИ-3 при давлении  $8 \times 10^{-2}$  мм рт.ст в установке (МА), (цвет точек соответствует разным образцам).

При регистрировании каждой точки образцы вынимались из форвакуума, а объем сосуда последовательно уменьшался до равного объема криостата. Тем не менее, и в условиях их равенства, зависимость  $C(t)$  растет (рис.2), как это происходило и ранее при проведении опыта в (МА) с более высоким постоянным объемом (таблице 1 и 2).

Тогда нами было предположено, что вид зависимости с ее резким падением в криостате определяется совокупным воздействием ИК излучения и низкого давления, поскольку других воздействий не было. Для доказательства этого предположения была проделана следующая серия экспериментов. В первом из них на образцы, помещенные в криостат, который находился на своем месте в ячейке спектрофотометра, не воздействовали ИК облучением. Это достигалось закрытием окошек прибора.

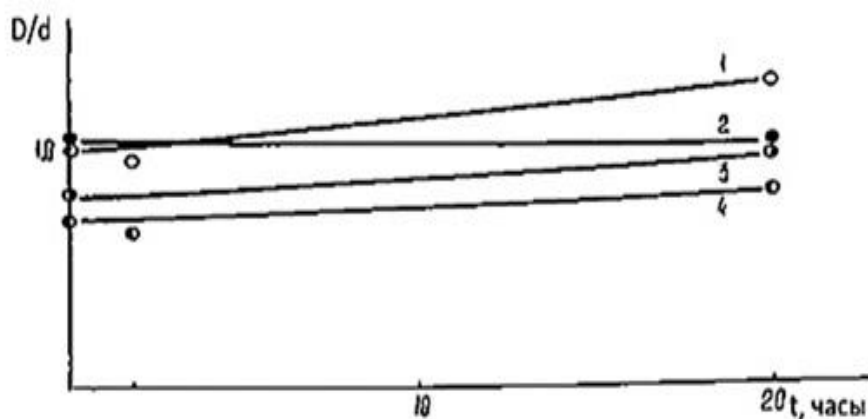


**Рисунок 3.** Зависимость концентрации  $C=O$  групп от времени выдержки SKI-3 при давлении  $8 \times 10^{-2}$  мм рт.ст. в криостате без воздействия ИК излучения.

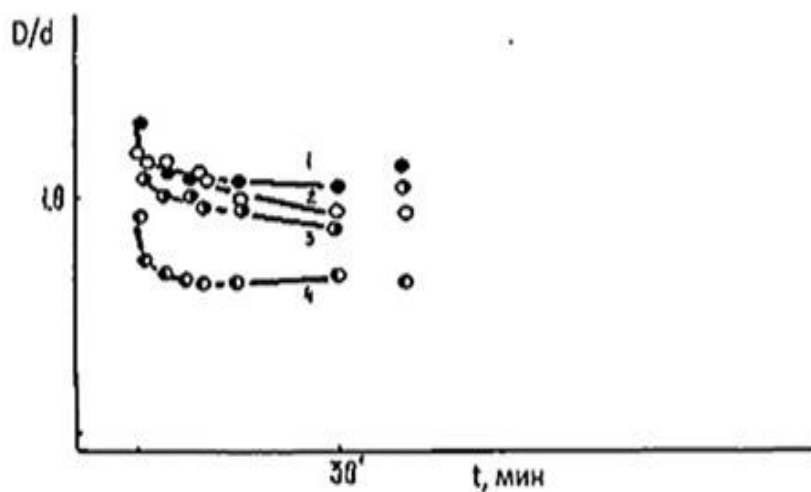
Рисунок 3. показывает, что в этих условиях, совпадающих с условиями эксперимента, результаты которого приведены на рис.1, но без действия ИК, наблюдается рост концентрации карбонильных групп (прозрачные точки), как и в случае опытов в рабочем сосуде (МА). Регистрация спектров сразу после напуска воздуха, в момент релаксации эластомеров, показывают неизменность полосы  $C=O$  от времени (темные точки на рис. 3).

Это доказывает отсутствие влияния данной стадии на процесс окисления SKI-3 и SKH-40. В то же время кинетика роста ( $C=O$ ) в форвакууме доказывает постоянство процесса во время хранения и отрицает особенность первых минут действия низкого давления.

Для выяснения вопроса был проведен эксперимент, состоящий из двух частей. В начале окисление образцов проводили в криостате с закрытыми окошками, подобно вышеприведенным условиям (как промытые, так и непромытые). Результаты видны на рис.4 и 5.

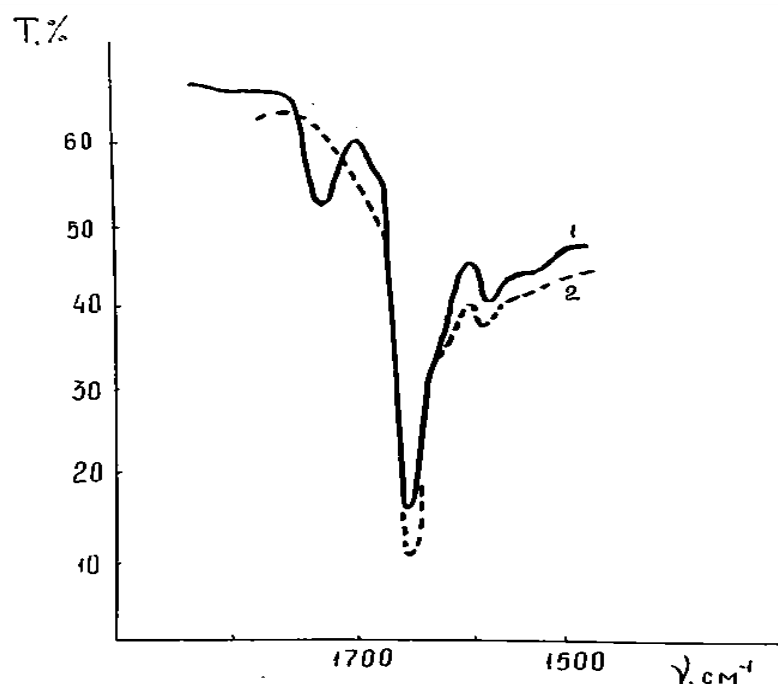


**Рисунок 4.** Изменение концентрации  $C=O$  групп со временем для СКН-40 (1,2) и СКИ-3 (3,4) при давлении  $8 \times 10^{-2}$  мм рт.ст.



**Рисунок 5.** Изменение концентрации  $C=O$  групп со временем для СКН-40 (1,2) и СКИ-3 (3,4) при давлении  $8 \times 10^{-2}$  мм рт.ст. и ИК облучении

Рисунок 4 демонстрирует незначительный рост окисления обоих видов эластомеров при отсутствии ИК излучения, рис.5 демонстрирует падение при его (ИК излучения) наличии. На наш взгляд, данные этого эксперимента убедительно доказывают, что из двух видов влияния, в уменьшении концентрации карбонильных групп в эластомерах решающий вклад вносит ИК облучения. Этот вклад можно сравнить с малой по действию, но значительной по результатам ролью спускового крючка. Таким образом, обнаруженный эффект является результатом совместного воздействия низкого давления и низко интенсивного ИК света (хотя последний при нормальных давлениях не оказывает никакого влияния на испытываемые образцы). Для окончательного решения вопроса был проведен дополнительный опыт. Регистрировали ИК спектры окисленных образцов при давлении  $8 \times 10^{-2}$  мм рт.ст. после воздействия ИК облучения. Типичный вид самой полосы поглощения представлен на рис.6.



**Рисунок 6.** ИК спектры окисленного СКИ-3 (1) и после воздействия ИК облучения (2) при давлении  $8 \times 10^{-2}$  мм рт.ст. в течении 30 мин.

Как он демонстрирует, значительная исходная полоса поглощения в области 1720, характеризующая окисление, практически исчезает при воздействии ИК света при давлении  $8 \times 10^{-2}$  мм рт.ст. в течении 30 мин

Объяснить выявленные результаты можно с позиции механизма окислительной деструкции, предложенного Саидовым Д.С. в [6, с.27]. Им доказано, что при окислении полимеров наблюдается раздробление макромолекул на мелкие куски или фрагменты имеющие различные размеры, которые автором были названы «микроосколками». Они представляют собой части макроцепей, отколовшихся в результате окисления. Наиболее интересным является то, что как показано Саидовым Д., С=О группы входят в состав этих «микроосколков», а не являются концевыми группами в разорванных макромолекулах (как это утверждается литературе [3, с.86]) и химически не связаны с ними. Одним из весомых доказательств действия микроосколочного механизма является вымывание полосы поглощения С=О групп в среде органических растворителей. Исчезновение полосы полностью аналогично наблюдаемому нами явлению (рис.1,5 и 6). Поэтому нами было предположено, что эффект резкого падения концентрации карбонильных групп находит объяснение в рамках вышеприведенного механизма.

Провести аналогию двух подобных эффектов позволяют и равные времена процессов; как в нашем случае, так и при вымывании С=О групп в растворителях [6] это происходит в течении ~30 минут. Можно предположить, что в условиях нашего эксперимента при отсутствии воздействия внешнего

атмосферного давления сегментальная подвижность в эластомере возрастает, увеличивается межмолекулярное пространство, эластомер набухает, что приводит к расширению и увеличению количества микропустот образца. В результате этих процессов наблюдается рост величины окисления в низком вакууме и тогда действие слабого ИК облучения, при поступлении дополнительной энергии от ИК света обеспечивает выход уже реально существующих, предварительно образованных окислением фрагментов с C=O группами.

Росту окисления вовсе не противоречит, на наш взгляд, его уменьшение при наложении инфракрасного излучения на форвакуум, как это может показаться первоначально. Возрастание величины окисления есть увеличение количества микроосколков, которые, будучи несвязны с матрицей эластомера, вылетают из нее при совместном действии этих факторов. Наложение двух процессов приводит к регистрируемому падению концентрации C=O групп.

Таким образом, обнаруженное явление находит свое объяснение в рамках микроосколочной концепции окисления, в то же время являясь еще одним достаточно весомым и независимым доказательством этого механизма.

Добавим, что во всем исследованном интервале давлений, деформаций и температур, для обоих видов эластомеров СКИ-3 и СКН-40 (как промытых, так и не промытых) наблюдается вымывание полосы окисления ( $1720\text{ см}^{-1}$ ) в среде  $\text{CCl}_4$ . На наш взгляд, этот факт является доказательством действия микроосколочного механизма окисления, предложенного Саидовым Д.С., в диапазоне воздействий, использованных нами.

Необходимо подчеркнуть методическое значение обнаруженного явления - возрастание концентрации C=O групп при давлении  $10^{-2}\text{ мм рт.ст.}$ , падение ее при дополнении ИК облучением в условиях низкого вакуума при снятии ИК спектров, а возможно и при слабых воздействиях других методик исследователи должны учитывать наличие подобного феномена.

### **Выводы**

1. Исследовано влияние низко интенсивного ИК излучения в вакууме на концентрацию карбоксил содержащих групп в вулканизатах СКИ-3 и СКН-40.
2. Деформация эластомера приводит к росту скорости окисления при хранении в вакууме с значением давления около  $8 \times 10^{-2}\text{ мм.рт. ст.}$  скорость окисления у ненапряженных образцов минимальна.
3. Экспериментально продемонстрировано уменьшение концентрации C=O групп в эластомерах при воздействии низко интенсивного ИК облучения при давлении  $8 \times 10^{-2}\text{ мм.рт. ст.}$  В то же время, при отсутствии облучения в тех же условиях происходит рост величины окисления.

4. Предположено, что в исследованном диапазоне давления, деформаций и температуры окисление эластомеров протекает по механизму раздробления макромолекул на низкомолекулярные продукты - «микроосколки» Саидова.
5. Показано, что уменьшение концентрации C=O групп, вызвано выходом «микроосколков» из образцов под действием ИК излучения.

### Литература

1. Саидов Д., Крапивский С.Л., Хабибуллоев Х., Кримонд Т.Я. О бароинверсии скорости окисления эластомеров. Докл.АН Тадж. ССР. 1990. Т.33, №12, с.814-817.
2. Фролова М.И., Ошмарина Л.А., Червякова В.И., Шмуйлович С.М., Лисовцев В.В. Термическое разложение полимера 2-акриламидо- 2-метилпропансульфокислоты. // Высокомол. соед. 1990. Сер. Б. т.32, №1. С.16-19.
3. Попов А.А. Рапопорт Н.Я., Заиков Г.Е. Окисление ориетированных и напряженных полимеров. М., Химия. 1987. - 232 с.
4. Нейман М.Б., Федосеева Т.С., Чубарова Г.В., Бучаченко Д.Л., Лебедев Я.С. Исследование радикалов в облученном полиформальдегиде. // Высокомол. соед. 1963. т.5, №9. с.1339- 1344.
5. Хабибуллоев Х., Саидов Д. Масс-спектрометрический анализ продуктов механо- и термодеструкции стереорегулярных эластомеров. // Каучук и резина. 1982. Вып. 3. с.41-43.
6. Саидов Д.С. Окислительная деструкция и долговечность эластомеров. Автореф. дисс.на соис... докт.ф.м.н., М., ИХФ АН СССР 1990. -29с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКО ИНТЕНСИВНОГО ИК ОБЛУЧЕНИЯ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ КАРБОНИЛЬНЫХ ГРУПП В ЭЛАСТОМЕРАХ ПРИ ДАВЛЕНИИ $\sim 10^{-2}$ ММ. РТ. СТ.

**Аннотация.** Целью настоящей работы являлось исследование влияния низко интенсивного ИК облучения на скорость окисления вулканизата цис-1,4 - полиизопрена при низком давлении. За накоплением (C=O) групп следили по полосе поглощения  $1720 \text{ см}^{-1}$  в ИК спектре полиизопрена. Рабочий сосуд с образцами, предварительно очищали от избыточного количества воздуха откачкой при помощи форвакуумного насоса до значения давления  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм.рт.ст. Опыты проводили при температуре 293К. Очистку образцов от примесей осуществляли выдержкой в четыреххлорида углерода (CCl<sub>4</sub>) в течении 30 мин. Установлено, что деформация эластомера приводит к росту скорости окисления при хранении в вакууме с значением давления  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм рт.ст. Скорость окисления у ненапряженных образцов минимальна.

Экспериментально продемонстрировано уменьшение концентрации C=O групп в эластомерах при воздействии низко интенсивного ИК облучения при давлении  $\sim 10^{-2}$  мм.рт. ст. В то же время, при отсутствии облучения в тех же условиях происходит рост величины окисления. Предположено, что в исследованном диапазоне давления, деформаций и температуры окисление эластомеров протекает по механизму раздробления макромолекул на низкомолекулярные продукты «микроосколки» Саидова.

**Ключевые слова:** эластомер, скорость, окисление, излучение, давление, спектр.

### **ТАҲҚИҚИ ТАЪСИРИ НУРАФКАНИИ ИС ИНТЕНСИВНОКИАШ СУСТ БА КОНЦЕНТРАСИЯИ ГУРҶҲОИ КАРБОНИЛӢ ДАР ЭЛАСТОМЕРҶО ДАР МУҶИТИ ФИШОРИ $\sim 10^{-2}$ ММ .РТ.СТ.**

**Фишурда.** Мақсади кор мазкур аз таҳқиқи таъсири нурафкании ИС интенсивнокиаш суст ба суръати оксидшавии вулканизати цис-1,4 - полиизопрен ҳангоми пастии фишор иборат буд. Чамъшавии гурӯҳҳои (C=O) бо воситаи раҳи фурӯбарии  $1720 \text{ см}^{-1}$  дар спектри ИС назорат шуданд. Фишори зарфи корӣ бо намунаҳои таҳқиқшаванда, то қимати  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм ст.см. паст оварда шуданд. Таҷрибаҳои дар дараҷаи ҳарорати 293К гузаронида шуданд. Намунаҳо дар муҳити чаҳорхлориди карбон ( $\text{CCl}_4$ ) дар давоми 30 дақиқа пок шуданд. Муайян шуд, ки ёздиҳии эластомер сабаби зиёдшавии суръти оксидшавии эластомерҳо ҳангоми ниғаҳдорӣ дар фишори  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм ст.см мегардад. Суръати оксидшавӣ дар намунаҳои ёзнахӯрда камтарин аст. Дар таҷриба, аз таъсири нурафкании ИС интенсивнокиаш паст ва ҳангоми  $\sim 8 \times 10^{-2}$  мм ст.см. будани фишор, камшавии миқдори гурӯҳҳои (C=O) намоиш дода шуд. Дар айни ҳол ҳангоми набудани нурафканӣ зиёдшавии миқдори оксидшавӣ мушоҳида мешавад. Тахмин пешниҳод шуд, ки дар ҳудуди ёздиҳӣ, фишор ва дараҷаи ҳарорати таҳқиқшуда оксидшавии эластомерҳо мувофиқи раванди тақсимшавии бузугмолекулаҳо ба “заррапораҳо,, - и Саидов мебошанд.

**Калидвожаҳо:** эластомер, тезӣ, оксидшавӣ, нурафканӣ, фишор, спектр.

### **STUDY OF THE INFLUENCE OF LOW-INTENSITY INFRARED RADIATION ON THE CONCENTRATION OF CARBONYL GROUPS IN ELASTOMERS AT A PRESSURE OF $\sim 10^{-2}$ MMHG**

**Abstract.** The aim of this study was to investigate the effect of low-intensity IR irradiation on the oxidation rate of cis-1,4-polyisoprene vulcanizate at low pressure. The accumulation of (C=O) groups was monitored using the absorption band at  $1720 \text{ cm}^{-1}$  in the IR spectrum of polyisoprene. The working vessel containing the samples was pre-purged of excess air by evacuation with a forevacuum pump to a pressure of

$\sim 8 \times 10^{-2}$  mmHg. Experiments were conducted at a temperature of 293 K. The samples were purified from impurities by exposure to carbon tetrachloride ( $CCl_4$ ) for 30 min. It was found that elastomer deformation leads to an increase in the oxidation rate during storage in a vacuum at a pressure of  $\sim 8 \times 10^{-2}$  mmHg. The oxidation rate for unstressed samples is minimal. A decrease in the concentration of C=O groups in elastomers exposed to low-intensity IR radiation at a pressure of  $\sim 10^{-2}$  mmHg was experimentally demonstrated. At the same time, in the absence of irradiation under the same conditions, the oxidation rate increases. It is hypothesized that, in the studied range of pressure, deformation, and temperature, elastomer oxidation occurs via the fragmentation of macromolecules into low-molecular-weight products, known as Saidov's "microfragments."

**Keywords:** elastomer, velocity, oxidation, radiation, pressure, spectrum.

**Сведения об авторе:** Хабибуллоев Хамидулло – Ходжендский научный центр Национальной академии наук Таджикистана, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник. Адрес: 735714, северо-восточная промзона, г. Худжанд, Таджикистан. Тел.: (+992)901-00-27-55. E-mail: [hamidullo1950@gmail.com](mailto:hamidullo1950@gmail.com).

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Хабибуллоев Хамидулло – Маркази илмии Хучанди Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, номзади илмҳои физика ва математика, ходими калони илмӣ. Суроға: 735714, минтақаи саноатии шимолу шарқӣ, ш. Хучанд, Тоҷикистон. Тел.: (+992)901-00-27-55. E-mail: [hamidullo1950@gmail.com](mailto:hamidullo1950@gmail.com).

**Information about the author:** Khabibulloev Khamidullo – Khujand Scientific Center of the Tajik national academy of sciences, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, senior researcher. Address: 735714, severo-vostochnaya promzona, Khujand, Tajikistan. Тел.: (+992)901-00-27-55. E-mail: [hamidullo1950@gmail.com](mailto:hamidullo1950@gmail.com).

**Рецензент:** Махсуд Б.И. – д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры ядерной физики Таджикского национального университета.

Мақола ба редакция ворид шуд: 18.02.2026

Аз тақриз баргашт: 3.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 17.04.2026

**ОЗМОИШГОҶИ ВИРТУАЛӢ. МОДЕЛИ КОМПЮТЕРИИ «МУАЙЯН  
КАРДАНИ ШИТОБИ АФТИШИ ОЗОДИ ҶИСМҶО ДАР  
СИСТЕМАҶОИ ОҶТОБӢ»**

**ОлимӢ А.Р., \*Нурализода А. Ғ., Тоирзода С.Т.**

**Донишгоҳи давлатии Данғара**

**\*Директори маркази технологияи информатсионӣ ва коммуникатсионӣ  
вилояти Хатлон**

Дар замони муосир олами компютер ва моделҳои компютерии технологияҳои зеҳни сунӣ (ЗС) ва системаҳои иттилоотӣ босуръат рушд меёбанд. Дар замони муосир моделҳои компютерие сохта шуданд, ки зудкорӣ ва махсулиятнокӣ хеле баланд дошта, инсоният тавассути ин моделҳо масъалаҳои гуногуни фаниро иҷро менамоянд.

Моделҳои компютерии озмоишгоҳи виртуалии ҷисмҳои афтида як системаи барномаҳои компютерии интерактивӣ мебошанд, ки барои омӯзиши қонунҳои шитоби афтиши озод, муайян кардани қувваи ҷозиба ва таҳлили ҳодисаҳои физикии тарҳрезӣ шудаанд. Чунин муҳитҳои виртуалӣ метавонанд шароити воқеии таҷрибавиро такрор намуда имкон медиҳад, ки танзими параметрҳо ва таҳлили маълумот бидуни ниёз ба таҷҳизоти физикӣ анҷом дода шавад [10.С.301].

Ҳадафи асосии мақолаи илмӣ таҳияи модели компютерии интерактивӣ мебошад, ки раванди афтиши озоди ҷисмҳоро дар шароити ибтидоии гуногун тасаввур ва тақлид мекунад. Ин ҳамчун шарҳе барои беҳтар кардани фаҳмиши донишҷӯён дар бораи қонунҳои асосии физикӣ тавассути намоишҳои визуалӣ ва таҷрибаҳои виртуалӣ хизмат хоҳад кард [1.С.28].

Ин таҳқиқот ба таҳия ва таҳлили модели барномае, ки афтиши озоди ҷисмҳоро таҳти таъсири ҷозиба тақлид мекунад, нигаронида шудааст. Мақолаи мазкур ба омӯзиши ҳамаҷонибаи асосҳои назариявии кинематика ва динамика равона карда шуда барои сохтани моделҳо тавассути технологияҳои зеҳни сунӣ ва озмоишгоҳи виртуалӣ заруранд. Усулҳои гуногуни моделсозии рақамии ҳаракати объектҳо, аз ҷумла ҳам шароити идеалӣ (нодида гирифтани муқовимати ҳаво) ва ҳам сценарияҳои мураккабтар бо назардошти қувваҳои аэродинамикӣ, баррасӣ карда мешаванд [2 С.46].

Тавачҷӯҳи махсус ба интиҳоби забонҳои мувофиқи барномаи компютерӣ ва барномасозӣ барои татбиқи модел, инчунин усулҳои визуализатсияи натиҷаҳои бадастомада равона карда мешавад. Мақолаи илмӣ барои амиқтар фаҳмидани шартҳои физикии асосӣ афтиши озод ва инкишоф додани салоҳиятҳои амалӣ дар эҷод ва таҳлили моделҳои компютерии равандҳои физикӣ равона шудааст. Натиҷаи кор барномаи

амалкунанда хоҳад буд, ки пешгӯии траекторияи ҷисмҳои ҳаракаткунандаро нишон медиҳад ва имкон медиҳад, ки ин пешгӯиҳо бо ҳисобҳои назариявӣ муқоиса карда шаванд.

Барои баланд бардоштани самаранокии таълими физика тавассути технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ва озмоишгоҳҳои виртуалӣ, нақшаи кориеро таҳия кунанд, ки ба имкониятҳои модели мушаххаси физикӣ мутобиқ карда шудааст. Муҳим аст, ки технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ба вазифаҳои функсияҳои барнома мувофиқ буда, ба хонандагон ва донишҷӯён имконияти ҳалли мушкилотҳои илмиро медиҳад [3.С.3].

Дар мақолаи мазкур имкониятҳои истифодаи технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ва технологияҳои иттилоотӣ дар таълими фанни физика таҳлил шуда, истифодаи моделҳои компютери озмоишгоҳҳои виртуалӣ алоқаманд ба технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) дар дарсҳои физика баррасӣ карда мешавад.

Сохтори фаъолиятҳои омӯзишӣ ҳангоми кор бо моделҳои компютери технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ва моделҳои озмоишгоҳи виртуалӣ метавонад марҳилаҳои зеринро дар бар гирад:

Аввалан, омӯзиши муқаддимавӣ. Ин омӯзиши меъмурии модел, функсияҳо ва механизмҳои идоракунии онро дар бар мегирад. Дар ин марҳила, омӯзгор ба донишҷӯён дастгирии инфиродӣ мерасонад, ҷанбаҳои мураккабтаринро шарҳ медиҳад ва аз системаи саволҳои роҳнамо барои амиқтар фаҳмидани равандҳои физикии дар равзанаи компютер рухдода истифода мебарад.

Дуюм, пас аз азхудкунии ибтидоии асбобҳои виртуалӣ, тавсия дода мешавад, ки донишҷӯёнро барои гузаронидани як силсила (аз як то се) таҷрибаҳои физикӣ даъват кунед. Ин амалия ба тақвияти малакаҳои идоракунии модел ва рушди фаҳмиши амиқтари ҳодисаҳои физикии нишондодашуда мусоидат мекунад.

Сеюм, агар имконоти мувофиқи техникӣ мавҷуд бошанд, вазифаҳои таҷрибавӣ метавонанд ҷорӣ карда шаванд. Бар хилофи машқҳои стандартии ҳисоббарорӣ, чунин вазифаҳо аз донишҷӯён талаб мекунанд, ки ба ҷои анҷом додани ҳисобҳо, таҷрибаи мустақили моделҳои компютериро тарҳрезӣ ва амалӣ кунанд. Ин шакли кор одатан ангезаи баланди омӯзишро дар донишҷӯён ба вуҷуд меорад [4.С.26].

Технологияҳои иттилоотӣ ва инчунин технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) тамоми самтҳои ҳаёти инсонро фаро гирифтаанд. Онҳо ба таври муттасил муҳити атрофи моро дигаргун месозанд. Агар чанд муддат пештар тасаввур кардан ҳам душвор буд, ки тавассути телефони ҳамроҳ компютери пурқувватро бо Интернет пайваст кардан мумкин аст, пас имрӯз ин амал аллакай кӯшишшуда ва ҳатто ба ҳаёти рафта, ҳамчун қисми ҷудонашаванда ба ҳисоб меравад.

Самаранокии ин технологияҳо мустақиман аз имконоти техникӣ раванди таълим вобаста аст. Агар таҷҳизоти проексионӣ ва моделҳои

технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) дастрас бошад ё кори гурӯҳҳои хурд ташкил карда шавад, намоишҳои виртуалӣ метавонанд ҷалби донишҷӯёнро ба ҳадди аксар расонанд. Дар сурати набудани таҷҳизоти доимии проексионӣ, истифодаи моделҳои озмоишгоҳи виртуалӣ барои корҳои озмоишӣ ва мустақилонаи донишҷӯён дар озмоишгоҳҳои компютери виртуалӣ ё аз фосолаи дур (дар хона) тавсия дода мешавад.

Истифодаи моделҳои компютери виртуалӣ ва технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ҳамчун воситаи намоиши визуалӣ барои муаррифии мавзӯҳои нав ва ҳалли масъалаҳои таълимӣ хеле арзишманд аст. Моделсозии рақамӣ визуализатсияи равандҳои мураккаби физикиро, ки бо истифода аз усулҳои анъанавӣ (масалан, тахтаҳои сиёҳ ва сиёҳ) барои такрор кардан душворанд, ба таври назаррас беҳтар мекунад. Хусусан, барои фаҳмиши модели квантии Бор, модели компютерӣ намоиши динамикии гузаришҳои квантии электрониро байни орбиталҳо таъмин мекунад. Ҳолати мазкур имкон медиҳад, ки ҳамзамон тағйирот дар диаграммаҳои сатҳи энергия сабт карда шаванд ва хатҳои спектрии мувофиқ ташаккул ёбанд. Чунин намоиши таҷрибаи виртуалӣ беназир аст ва роҳи ҳалли дигар таҷрибаҳои физики низ васеъ истифода мешавад.

Тамоми раванди пешрафти илмҳои дақиқ бо технологияҳои вобаста аст, ки онҳоро технологияҳои иттилоотӣ ва технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) мегӯянд. Технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ҳамрадиҳои калимаҳои технологияҳои иттилоотӣ англисӣ information technology (IT) буда, ба соҳаҳои илмӣ-техникӣ алоқаманд аст, ки онҳо бо тарзу усулҳои дарёфт, нигоҳдорӣ, захирасозӣ, идоракунӣ ва коркарди компютери иттилоот сару кордоранд.

Зери мафҳуми технологияҳои иттилоотӣ ва технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ҳоло технологияҳои компютерӣ фаҳмида мешавад. Ин бесабаб нест. Тавре ки қаблан телевизион ва аз он пештар китоб дар рушди технологияҳои иттилоотӣ саҳми босазо гузошта тавонистаанд, зуҳури компютер низ ин технологияҳоро ба қуллаҳои сифати нав бардоштааст. Аз ин рӯ, мутахассисони техникаи компютерӣ ва барномарезиро мутахассисони технологияҳои иттилоотӣ (ТИ) ном мебаранд.

Мақсади таҳияи мақолаи мазкур, асосноккунии илмӣ ва таҳияи методологияи рушди технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) дар физика бо истифода аз озмоишгоҳи виртуалӣ мебошад. Фарзияи тадқиқотии мақолаи мазкур рушди салоҳияти фанӣ дар физика дар сурати истифода бурдани озмоишгоҳи виртуалӣ ҳамчун воситаи самараноктар хоҳад буд[7.С.37].

Ташкил кардани озмоишгоҳи виртуалӣ тавассути технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС), истифодаи асбобҳо ва захираҳои дар бар мегирад, ки инҳоро дастгирӣ мекунад:

- Тавсифи математикии ҳолати воқеӣ.

- Расмӣ ва тафсири ҳолатҳои тавсифшуда.
- Таҳқиқ ва ҷустуҷӯи роҳҳои ҳалли масъалаҳои, ки дар доираи ин ҳолатҳо таҳия шудаанд.

Истифодаи озмоишгоҳи виртуалӣ дар таълими физика имкон медиҳад, ки ҳадафҳои зерини дидактикӣ ба даст оварда шаванд:

- Ташкили фаъолиятҳои мустақилонаи хонандагон.
- Таъмини баррасии худидоракунии маводи фароғиррифташуда.
- Татбиқи худназораткунии донишҷӯён ва хонандагон ҳангоми ҳалли масъалаҳо.

Бояд қайд кард, ки моделсозии математикӣ на ҳамеша истифодаи қудрати ҳисоббариро талаб мекунад. Дар муҳити касбӣ, ба усулҳои таҳлилӣ афзалият дода мешавад, зеро роҳҳои ҳалли таҳлилӣ, ки ҳамчун формулаҳо ифода ёфтаанд, иттилооттаранд. Аммо, аз сабаби мураккабии баланд ва татбиқи маҳдуди амалии усулҳои таҳлилӣ, ин курс асосан ба усулҳои рақамие, ки бо истифода аз технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ва рақамӣ амали мешаванд ба роҳ монда мешаванд [5.С.86].

Раванди мазкур заминаи зарурии математикиро коҳиш медиҳад, гарчанде ки он то андозае имконоти методологии моделсозиро маҳдуд мекунад. Фаҳмидани он муҳим аст, ки усулҳои таҳлилӣ ва рақамӣ якдигарро истисно намеkunанд, балки воситаҳои тадқиқоти мукамал мебошанд.

Истифодаи технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ба тарбияи физикии хонандагон ва донишҷӯён дар муасисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ ва муасисаҳои таҳсилоти олии кишвар равона шудааст. Ин ҳолатҳо дар таҳкурсии таълимии мактаби миёна дида баромада мешавад, ки маълумоти касбӣ-техникии хатмкунандагони мактабҳои миёнаро такмил медиҳад ва ба тартиб додани барномаҳои маълумоти олии касбӣ замима тайёр мекунад.

Моделҳои компютери технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) нисбат ба дигар васоити таълимӣ як қатор бартариҳо доранд, аз ҳамин сабаб омӯзгорон дар дарси худ аз ин имкониятҳо васеъ истифода мекунанд [6.С.219].

Қайд кардан бамаврид аст, ки моделҳои компютерӣ қисми зиёди кори омӯзгоронро иҷро мекунад, яъне ҳангоми кор бо баъзе маводҳо тавассути моделҳои компютери технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС), шумо метавонед ҳамаи маводҳо ва тағиротҳоро дар файл захира кунед, то онҳоро баъдтар истифода баред ё онҳоро ба донишҷӯе, ки дарс нагузаштааст, интиқол диҳед.

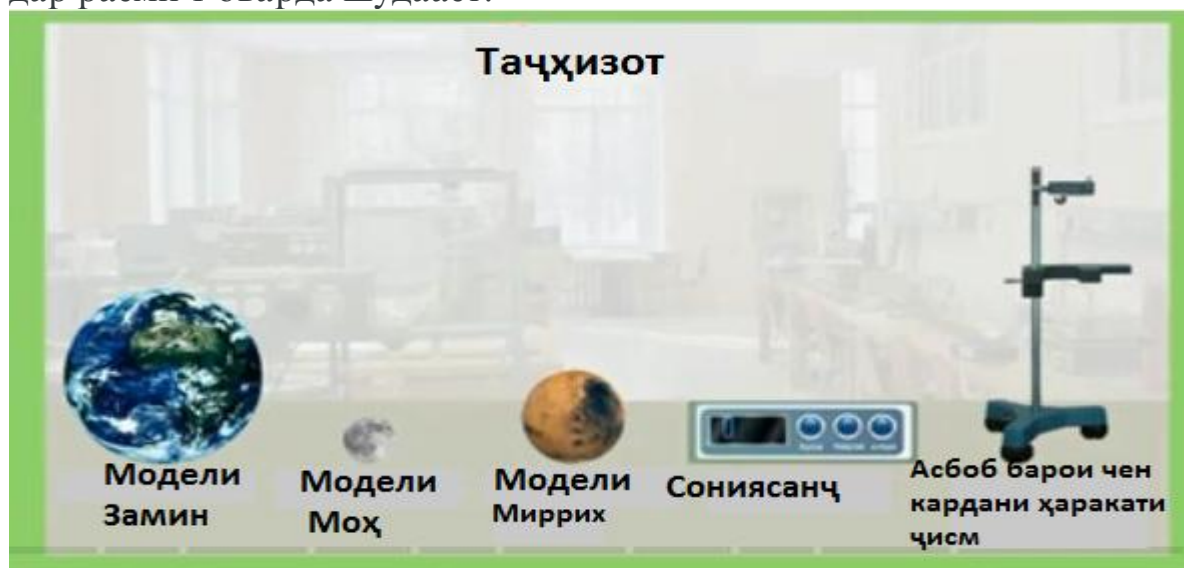
Бояд қайд намуд, фаҳмиш ва истифодаи технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) ҳамчун илм дар бораи шаклҳои интиҳоб ва татбиқи технологияҳои компютерӣ, аз ҷумла ТИК, қисмҳо ва воситаҳои ноил шудан ба мақсадҳои таълим дар асоси мундариҷаи мушаххас фанни таълимӣ дар ҳолатҳои гуногуни таълим зарурати ҳалли масъалаҳо ба миён мегузорад.

Таҳияи моделҳои технологияҳои зеҳни сунӣ (ЗС) сохтореро менамояд, ки намунаи шартӣ ба таври сунӣ офаридашудаи ҳодисаҳои физикиро дар шакли тавсифи ҷузъҳои сохтори он ва робитаҳои байни онҳо муайян кардашуда баррасӣ карда метавонад, ки аз рӯи монандии ҳодисаи додашуда қобилияти бозсозӣ ва инъикоси дидактикиро дорад.

Моделсозии компютери технологияҳои зеҳни сунӣ (ЗС) имкон медиҳад, ки бе таҷҳизоти озмоишӣ кор карда шавад ва ба шумо имкон медиҳад, ки қариб ҳамагуна модели ҳодисаҳо ва равандҳои физикиро аз нав созед. Барои мисол кори озмоишии виртуалиро вобаста ба қисми механика дар физика оиди мавзӯи “Озмоишгоҳи виртуалӣ. Модели компютери «Муайян кардани шитоби афтиши озоди ҷисмҳо дар системаҳои Офтобӣ»” дида мебароем. Пеш аз он, ки кори озмоишӣ иҷро карда шавад донишҷӯ бояд бо назарияи кори озмоиши бо истифода аз адабиётҳои лозима шиносӣ пайдо кунад.

Мақсади ченкунӣ: Чен кардани шитоби афтиши озоди ҷисмҳо дар объектҳои Системаи Офтобӣ бо истифода аз дастгоҳи таҷрибавӣ барои омӯзиши ҳаракати ҷисмҳо.

Асбобу анҷом: Модели Замин, модели Моҳ, модели Миррих, сониясанҷ ва дастгоҳ барои омӯзиши ҳаракати ҷисмҳо. Таҷҳизоти озмоишгоҳи виртуалӣ дар расми 1 оварда шудааст.



**Расми 1.** Равзанаи кори озмоишии виртуалӣ “Муайян кардани шитоби афтиши ҷисмҳо дар системаи Офтобӣ”

Назарияи кори озмоишии виртуалӣ: Дар ҳар як объекти коиноти мо қувваи ҷозиба ҷой дорад. Интенсивияти ин қувва мутаносибан ба массаи объект ва масофаи он меафзояд. Дар ин мақола дида мешавад, ки чаро мо пайваста ба Замин ҷалб мешавем, механизмҳое, ки тавассути онҳо мо суръатро зуд ба даст меорем ва чаро андозагириҳои вазн дар экватор аз андозагириҳои Қутби Шимолӣ фарқ мекунанд. Шитоби афтиши озод ҳамчун ҳаракати суръатшитоби ҷисм таҳти таъсири қувваи ҷозиба дар нуқтаи муайяни майдони ҷозиба муайян карда мешавад ва ба суръате

баробар аст, ки дар он суръати объект дар як воҳиди вақт ҳангоми афтиши озод афзоиш меёбад.

Шитоби афтиши озоди ҳаракати собитшитоби ҷисм аз ҳисоби қувваи ҷозиба дар нуқтаи муайяни майдони ҷозиба дида баромада мешавад. Сода карда гуем, ин ченаки суръатест, ки дар давоми он суръати ҷисм ҳангоми афтиши озод дар як воҳиди вақт меафзояд.

Барои экватор:

$$g_{\text{эқв.}} = G \frac{M}{R^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,972 \times 10^{24}}{6378^2} = 9,792 \text{ м/с}^2$$

Барои қутбҳо:

$$g_{\text{қутб.}} = G \frac{M}{R^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,972 \times 10^{24}}{6356^2} = 9,860 \text{ м/с}^2$$

Дар ин ҷо фарқияти ночиз мушоҳида мешавад. Қобили зикр аст, ки тарозуҳои анъанавӣ вазнро тавассути қуввае, ки ба таъсири мерасонад, чен мекунанд. Ҳолати мазкур дар навбати худ аз шитоби аз ҳисоби қувваи ҷозиба баамаломата вобаста аст. Аз ин рӯ, ченкунии вазн дар экватор нисбат ба қутб натиҷаи пасттар медиҳад.

Афтиши озод, ҳаракати собитшитоби ҷисм таҳти таъсири қувваи ҷозиба мебошад дар ҳолате, ки, дигар қувваҳои ба ҷисм таъсиркунанда вучуд надоранд ё ба назар гирифта намешаваанд [9.С.78].

Афтиши озод дар сатҳи ҳар як ҷисм бо массаи муайян (сайёраҳо ва моҳвораҳои онҳо, ситораҳо) имконпазир аст. Шитоби афтиши озод бо  $g$  ифода карда мешавад.

Воҳидҳои шитоби афтиши озод дар системаи СИ  $\text{м/с}^2$  мебошад.

Муодилаи ҳисобкунии шитоби афтиши озод чунин муайян карда мешавад: Ҳангоми озодафтии ҷисми аз ягон баландии муайян  $h$ , бидуни суръати ибтидоӣ ( $v_0 = 0$ ), шарти афтиши ҷисм чунин аст [8.С.86]:

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad g = \frac{2h}{t^2} \quad (1)$$

Дар ин ҷо  $g$  – шитоби афтиши озод;  $t$  – вақти афтиш аст.

**Ҷадвали 1. Шитоби афтиши озод дар сатҳи баъзе ҷисмҳои осмонӣ,  $\text{м/с}^2$   $g$**

Замин	9,81 $\text{м/с}^2$	1,00 $g$	Офтоб	273,1 $\text{м/с}^2$	27,85 $g$
Моҳ	1,62 $\text{м/с}^2$	0,165 $g$	Уторид	3,68-3,74 $\text{м/с}^2$	0,375-0,381 $g$
Зуҳра	8,88 $\text{м/с}^2$	0,906 $g$	Миррих	3,86 $\text{м/с}^2$	0,394 $g$
Муштарӣ	23,95 $\text{м/с}^2$	2,442 $g$	Зуҳал	10,44 $\text{м/с}^2$	1,065 $g$
Уран	8,86 $\text{м/с}^2$	0,903 $g$	Нептун	11,09 $\text{м/с}^2$	1,131 $g$
Эрида	0,82 ± 0,02 $\text{м/с}^2$	0,084 ± 0,002 $g$	Плутон	0,617 $\text{м/с}^2$	0,063 $g$

Даро ҷадвали 1 шитоби афтиши озод дар сатҳи як қатор ҷисмҳои осмонӣ оварда шудааст.



*Расми 2. Равзанаи кори озмоишии виртуалӣ “Муайян кардани шитоби афтиши ҷисмҳо дар системаи Офтобӣ”*

Равзанаи кори озмоишии виртуалӣ дар расми 2 оварда шудааст. Дар ин озмоишгоҳи виртуали ҳодисаи афтиши ҷисмҳо дар сатҳи Замин дида баромада шудааст. Дар равзана ҳамаи равандҳои ҳодисаи афтиши ҷисмҳо тариқи худкор амалӣ шуда натиҷаҳои назаррас ба даст оварда мешавад. Аз равзана дида мешавад, ки ҳангоми афтиши ҷисми массааш 0,2кг аз баландии 1м дар лаҳзаи вақти 0,452с шитоби афтиши он ба 9,789м/с<sup>2</sup> баробар мешавад.

$$g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \times 1}{(0.452)^2} = 9,789 \text{ м/с}^2$$



*Расми 3. Равзанаи кори озмоишии виртуалӣ “Муайян кардани шитоби афтиши ҷисмҳо дар системаи Офтобӣ”*

Дар равшани кори озмоишии виртуалӣ дар расми 3 овардашуда афтиши ҷисми массааш 1кг аз баландии 1,5 м оварда шудааст. Дар ин равшани кори озмоишии виртуали ҳодисаи афтиши ҷисмҳо дар сатҳи Замин дида баромада шудааст. Равшани кори озмоишии виртуалӣ имкон медиҳад, ки ҳамаи равшандҳои ҳодисаи афтиши ҷисмҳо тариқи худкор амалӣ шаванд. Аз равшана дида мешавад, ки ҳангоми афтиши ҷисми массааш 1кг аз баландии 1,5м дар лаҳзаи вақти 0,549с шитоби афтиши он ба 9,954м/с<sup>2</sup> баробар мешавад.

$$g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \times 1,5}{(0,549)^2} = 9,954 \text{ м/с}^2$$



**Расми 4.** Равшани кори озмоишии виртуалӣ “Муайян кардани шитоби афтиши ҷисмҳо дар системаи Офтобӣ”

Равшани кори озмоишии виртуалӣ дар расми 3 овардашуда афтиши ҷисми массааш 1кг-ро аз баландии 1,5 м нишон медиҳад. Равшана ҳодисаи афтиши ҷисмҳо дар сатҳи Замин дида муарифӣ мекунад. Дар равшани кори озмоишии виртуалӣ ҳамаи равшандҳои ҳодисаи афтиши ҷисмҳо тариқи худкор амалӣ мешаванд. Аз равшана дида мешавад, ки ҳангоми афтиши ҷисми массааш 1кг аз баландии 2м дар лаҳзаи вақти 0,647с шитоби афтиши он ба 9,556м/с<sup>2</sup> баробар мешавад.

$$g = \frac{2h}{t^2} = \frac{2 \times 2}{(0,647)^2} = 9,556 \text{ м/с}^2$$

**Ҷадвали 2.**

Сайёра	Баланди $h, м$	Вақт $t, с$	Шитоби афтиши озод $g = \frac{2h}{t^2}, м/с^2$	Қимати миёнаи шитоби афтиши озод $g_M = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}, м/с^2$
Замин	1	0,452	9,789	9,766
	1,5	0,549	9,954	
	2	0,647	9,556	

Натиҷаҳои ҳосилшударо дар ҷадвали 2 ҷойгир намуда қимати миёнаи шитоби афтиши озоди ҷисмҳои ба сатҳи Замин афтандаро бо муодилаи зерин ҳисоб мекунем.

$$g_M = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3} = \frac{9,789 + 9,954 + 9,556}{3} = 9,766 м/с^2$$

Ҳисобҳо нишон медиҳанд, ки қимати миёнаи шитоби афтиши озоди ҷисмҳо дар сатҳи Замин ба  $9,766 м/с^2$  баробар аст.

Хулоса, таҳқиқоти мазкур ба таҳия ва таҳлили модели барномае, ки афтиши озоди ҷисмҳоро таҳти таъсири ҷозиба тақлид мекунад, нигаронида шудааст. Мақолаи мазкур ба омӯзиши ҳамаҷонибаи асосҳои назариявии кинематика ва динамика равона карда шуда барои сохтани моделҳо тавассути технологияҳои зеҳни сунъӣ ва озмоишгоҳи виртуалӣ заруранд. Дар мақола усулҳои гуногуни моделсозии рақамии ҳаракати объектҳо, аз ҷумла ҳам шароити идеалӣ (нодида гирифтани муқовимати ҳаво) ва ҳам сценарияҳои мураккабтар бо назардошти қувваҳои аэродинамикӣ, баррасӣ карда шудааст.

Дар мақолаи илмӣ таваҷҷӯҳи махсус ба интиҳоби забонҳои мувофиқи барномаи компютерӣ ва барномасозӣ барои татбиқи модел, инчунин усулҳои визуализатсияи натиҷаҳои бадастомада равона карда шудааст.

### **ОЗМОИШГОҲИ ВИРТУАЛӢ. МОДЕЛИ КОМПЮТЕРИИ «МУАЙЯН КАРДАНИ ШИТОБИ АФТИШИ ОЗОДИ ҶИСМҲО ДАР СИСТЕМАҲОИ ОҒТОБӢ»**

Истифодаи технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) Дар раванди таълими фанни физика ба таълими хонандагон ва донишҷӯён дар муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ ва муассисаҳои таҳсилоти олии кишвар равона шудааст. Ин ҳолатҳо дар таҳкурсии таълимии мактаби миёна дида баромада мешавад, ки маълумоти касбӣ-техникии хатмкунандагони мактабҳои миёнаро такмил медиҳад ва ба тартиб додани барномаҳои маълумоти олии касбӣ замима тайёр мекунад.

Моделҳои компютерии технологияҳои зеҳни сунъӣ (ЗС) нисбат ба дигар васоити таълимӣ як қатор бартариҳо доранд, аз ҳамин сабаб омӯзгорон дар дарси худ аз ин имкониятҳо васеъ истифода мекунанд.

Қайд кардан бамаврид аст, ки моделҳои компютерӣ қисми зиёди кори омӯзгоронро иҷро мекунад, яъне ҳангоми кор бо баъзе маводҳо тавассути моделҳои компютерии технологияҳои зехни сунӣ (ЗС), шумо метавонед ҳамаи маводҳо ва тағиротҳоро дар файл захира кунед, то онҳоро баъдтар истифода баред ё онҳоро ба донишҷӯе, ки дарс нагузаштааст, интиқол диҳед.

### **ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ. КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ ТЕЛ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ»**

Использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) в процессе преподавания физики направлено на обучение учащихся средних и высших учебных заведений страны. Данные подходы рассматриваются уже на уровне базовой образовательной подготовки в средней школе, где они способствуют совершенствованию профессионально-технических знаний выпускников и создают основу для разработки программ высшего профессионального образования.

Компьютерные модели, созданные с помощью технологий искусственного интеллекта (ИИ), обладают рядом преимуществ перед другими образовательными инструментами, поэтому преподаватели широко используют эти возможности на своих уроках.

Следует отметить, что использование компьютерных моделей позволяет в значительной степени оптимизировать деятельность преподавателя. В частности, при работе с учебными материалами посредством технологий искусственного интеллекта (ИИ) становится возможным сохранение всех данных и внесённых изменений в цифровом формате с целью их последующего использования, а также передачи студентам, по каким-либо причинам, пропустившим занятия.

### **VIRTUAL LABORATORY. COMPUTER MODEL "DETERMINING THE ACCELERATION OF FREE FALL OF BODIES IN THE SOLAR SYSTEM"**

The use of artificial intelligence (AI) technologies in physics teaching is aimed at educating students in secondary and higher education institutions across the country. These cases are considered within the framework of the secondary school educational framework, which improves the vocational education of secondary school graduates and prepares applications for the development of higher education programs.

Computer models created using artificial intelligence (AI) technologies offer several advantages over other educational tools, so teachers widely use these capabilities in their lessons.

It's worth noting that computer models perform much of the work for teachers. This means that when working with materials using computer models

created using artificial intelligence (AI), all materials and changes can be saved to a file for later use or shared with a student who was not present.

### Адабиёт

1. *Дозоров А.В., Дозоров Е. В.* Виртуальный лабораторный практикум как одна из эффективных форм урока в инновационной школе: сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Организация до вузовской подготовки в условиях проведения Единого государственного экзамена». - Омск - 2012.- С. 27–31.
2. *Кавтрев А. Ф.* Компьютерные программы по физике в средней школе. Журнал “Компьютерные инструменты в образовании”, Санкт-Петербург: “Информатизация образования”, с. 42-47, 1998.
3. *Чирцов А. С.* Информационные технологии в обучении физике. Журнал “Компьютерные инструменты в образовании”, Санкт-Петербург: “Информатизация образования”, с.3, 1999.
4. *Бутиков Е. И.* Лаборатория компьютерного моделирования. Журнал “Компьютерные инструменты в образовании”, Санкт-Петербург: “Информатизация образования”, с.26, 1999.
5. *Нурализода А.Ф., Олимӣ А.Р., Алимзода Н.О.* Таҳқиқоти ҳодисаҳои физикӣ тариқи моделронии компютерӣ ҳамчун воситаи ҳалли мушкилоти замони муосир. Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара. Бахши илмҳои табиӣ, 2025, № 4 (34). С.86.
6. *Нурализода А.Ф., Олимӣ А.Р.* Маъно ва аҳмияти истифодаи технологияҳои иттилоотӣ дар таълими физика. Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Бохтар-2025. №1/4(140). Қисми 2. С.219.
7. *Олими А.Р.* Амсиласозии компютерии чен кардани муқовимат ба воситаи Амперметр ва Волтметр. Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара 2024 №4 (30).С.37.
8. *Олимӣ А.Р., Алимов Н.О.* Механика. Физикаи молекулавӣ ва термодинамика. – Данғара – 2022. – 469 с.
9. *Олимӣ А.Р., Набиев Ҷ.Ғ.* Амсиласозии компютерии модели “Муайян кардани шитоби афтиши озод бо ёрии раққосаки математикӣ”. Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара, 2024, №4 (30). С.78.
10. *Олимӣ А. Р., Валиев М.Х.* Имкониятҳои истифодаи технологияҳои иттилоотӣ ва коммуникатсион дар раванди таълими фанни физика. модели компютерии “импулси ҳисм”. Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, 2025, №4 с. 301.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** *Олимӣ Ашуралӣ Рамазон* – д.и.п., н.и.ф.-м., и.в. профессори кафедраи физика ва географияи Донишгоҳи давлатии Данғара. Тел.:(+992) 555-05-09-24 e-mail: [olimov\\_19641@mail.ru](mailto:olimov_19641@mail.ru)

**Нурализода Акмал Гулом** – Директори маркази технологияи информатсионӣ ва коммуникатсияи вилояти Хатлон. Суроға: 735140, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Бохтар, кӯчаи Борбад-13. Тел.: (+992) 906777888. E-mail: [Safarov.akmal@inbox.ru](mailto:Safarov.akmal@inbox.ru)

**Тоирзода Сухроб Тоир** – Донишгоҳи давлатии Данғара, муаллими калони кафедраи сохтмон ва меъморӣ. Суроға: 734065, Ҷумҳурии Тоҷикистон, н. Данғара, кучаи Марказӣ, 25. Тел.: (+992) 905-77-33-10. E-mail: [avliyoqulov97@mail.ru](mailto:avliyoqulov97@mail.ru).

**Сведения об авторах: Олими Ашурали Рамазон** – д.п.н., к.ф.-м.н., и.о.профессора кафедры физики и географии Дангаринского государственного университета. Тел.: (+992) 555-05-09-24, e-mail: [olimov\\_19641@mail.ru](mailto:olimov_19641@mail.ru)

**Нурализода Акмал Гулом** – директор Центра информационно-коммуникационных технологий Хатлонской области. Адрес: 735140, Республика Таджикистан, г. Бохтар, ул. Борбад-13. Тел.: (+992) 906777888. E-mail: [Safarov.akmal@inbox.ru](mailto:Safarov.akmal@inbox.ru)

**Тоирзода Сухроб Тоир** – Дангаринский государственный университет, старший преподаватель кафедры строительства и архитектуры. Адрес: 734065, Республика Таджикистан, р. Дангара, ул. Маркази, д. 25. Тел.: (+992) 905-77-33-10. E-mail: [avliyoqulov97@mail.ru](mailto:avliyoqulov97@mail.ru).

**Information about the author: Olimi Ashurali Ramazon** – Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Acting Professor of the Department of Physics and Geography at Dangara State University. Phone: (+992) 555-05-09-24, e-mail: [olimov\\_19641@mail.ru](mailto:olimov_19641@mail.ru)

**Nuralizoda Akmal Gulom** – Director of the Information and Communication Technologies Center of Khatlon Region. Address: 735140, Republic of Tajikistan, Bokhtar city, Borbad-13 Street. Phone: (+992) 906777888. E-mail: [Safarov.akmal@inbox.ru](mailto:Safarov.akmal@inbox.ru)

**Toirzoda Suhrob Toir** – Dangara state University, senior lecturer, department of construction and architecture. Address: 734065, Republic of Tajikistan, r. Dangara, st. Markazi, 25. Phone: (+992) 905-77-33-10. E-mail: [avliyoqulov97@mail.ru](mailto:avliyoqulov97@mail.ru).

**Муқарриз: Ризоев С.Ф.** – н.и.т., и.в.дотсенти кафедраи физика ва географияи Донишгоҳи давлатии Данғара

Мақола ба редакция ворид шуд: 26.02.2026

Аз тақриз баргашт: 18.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 03.04.2026

**УДК 536.223**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ДИБУТИЛОВОГО ЭФИРА ФТАЛЕВОЙ КИСЛОТЫ И ИХ РАСТВОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

**Шукрихудоев Х. Дж.**

**Таджикский государственный педагогический университет  
имени Садриддина Айни**

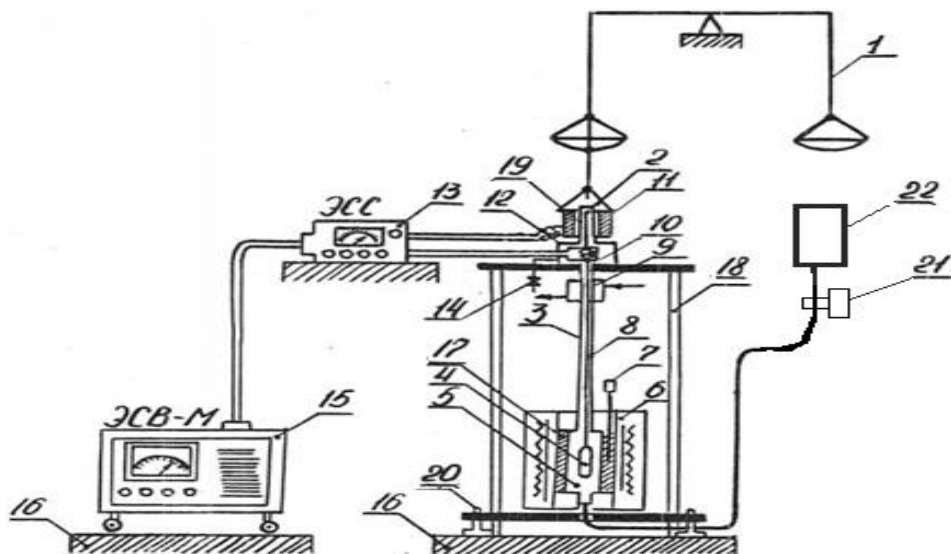
Нами экспериментально исследована экспериментальная установка для измерения плотности дибутилового эфира фталевой кислоты и их растворов в

зависимости от температуры и массовой концентрации пищевых масел. Для проведения эксперимента мы воспользовались данными экспериментальной установки, которая показана на рисунке 1.

Этот измерительный прибор состоит из следующих частей – пьезометрического сосуда высокого давления (5) с медной рубашкой (20) трубки (3) с головкой (12), внутри располагается подвесная система. Ферромагнитный сердечник (2), к которому на нити (8) подвешен кварцевый поплавок (4). Прибор установлен на подставке (21), его вертикальность контролируется по уровню с помощью 3-х винтов (23). Прибор установлен под аналитическими весами (I). К левой чашке весов подвешен соленоид (II). Связь между соленоидом и ферромагнитным сердечником через палец (19) осуществлялась магнитным полем, то есть применялся метод магнитной подвески [1, стр. 18-23]. Схема установки изображена на рис. 1.

ЭСС получает стабильное питание от ЗСВ-М (15) и используется для поддержания подвесной системы в устойчивом состоянии, как и конец соленоида, электромагнитного клапана (13), через тефлоновое соединение высокого давления. В головке устройства снабжена датчик обратной связи (10).

Из стакана 22 через вентиль 21 установка заполняется исследуемым объектом.



**Рисунок 1.** Схема экспериментальной установки для измерения плотности жидкостей

Поддержание постоянной температуры эксперимента достигается за счет размещения электрической печи на пьезоэлектрическом сосуде. Платиновый термометр сопротивления (7) используется для измерения температуры сосуда. Нагрев предотвращается путем подсоединения трубки (3) к охладителю (9), охлаждающему головку. Во время наполнения клапан удаляет воздух вытягивает его из головки (12). Основные компоненты устройства и их геометрические эквиваленты представлены ниже.

Плотность дибутилфталата на основании экспериментальных данных в таблице 1, выражается в зависимости от массовой концентрации растительных масел [2, стр. 2-5] и при комнатной температуре [3]. Сопоставимые результаты были получены с помощью температурных экспериментов, в которых исследовалась плотность растительных масел и их растворов при атмосферном давлении [4-6, стр.3-4, 6].

Гидростатическая метрология использовалась для измерения плотности пищевых масел и их растворов.

Согласно таблице 1 чем больше плотность дибутилфталата, тем выше массовая концентрация растительного масла.

**Таблица 1.** Плотность  $(\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3})$  дибутилфталата в зависимости от концентрации растительных масел ( $n, \%$ ).

T, K				
n, %	льняная	подсолнечная	хлопковая	облепиховая
100	1050	1020	1050	1050
80	1025	1024	1023,4	1023
60	1002	999	997	996,4
40	980	974,4	971	969,6
20	954	949,2	944	942,8
0	930	923	917	916

Плотность дибутилфталата варьируется в зависимости от температуры [7, стр. 4-6] и массовой концентрации пищевых масел [8, 9, стр.5-9], как показано в таблицах 2-5, согласно экспериментальным данным. Гипотеза предполагает, что с повышением температуры исследуемый объект испытывает уменьшение плотности и увеличение веса за счет увеличения массы пищевых масел [10, стр. 14-15].

**Таблица 2.** Экспериментальные значения плотности  $(\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3})$  дибутилфталата в зависимости от массовой концентрации пищевых масел

n, %	T, K			
	льняная	подсолнечная	хлопковая	облепиховая
100	1050	1020	1050	1050
80	1025	1024	1023,4	1023
60	1002	999	997	996,4
40	980	974,4	971	969,6
20	954	949,2	944	942,8
0	930	923	917	916

**Таблица 3.** Экспериментальные значения плотности ( $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ) дибутил-фталата в зависимости от температуры и массовой концентрации льняного масла [7, стр. 4-5].

n, %	T, K					
	298,15	323,15	348,15	373,15	398,15	423,15
100	1050,3	1031,3	1012,3	991,2	972,8	952,6
80	983,0	963,8	944,6	923,9	905,9	886,1
60	916,1	896,6	877,2	857,7	839,0	819,5
40	849,2	830,3	810,8	791,2	772,2	753,0
20	782,0	762,2	742,4	724,2	705,3	686,5
0	715,04	696,10	676,9	657,7	638,5	620,00

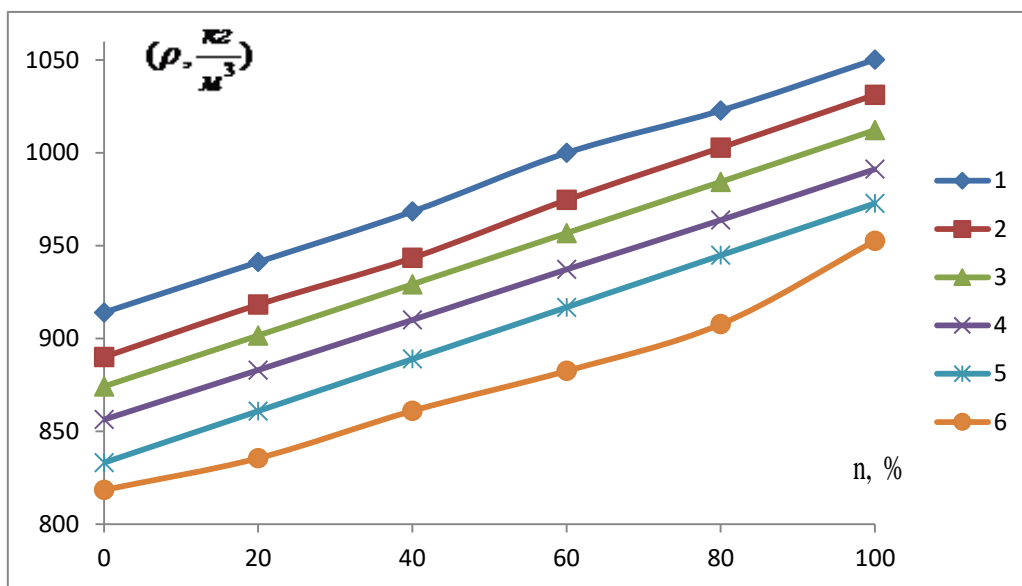
**Таблица 4.** Экспериментальные значения плотности ( $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ) дибутилфталата в зависимости от температуры и массовой концентрации облепихового масла [7-8, стр. 6-8]

n, %	T, K					
	298,15	323,15	348,15	373,15	398,15	423,15
100	1050,3	1031,3	1012,3	991,2	972,8	952,6
80	1022,8	1002,8	984,4	963,8	944,8	903,7
60	1009,0	974,6	956,8	937,2	916,8	882,5
40	968,4	943,4	929,2	910,0	888,9	861,0
20	941,2	918,2	901,6	883,0	860,9	835,5
0	914,0	890,0	874,2	856,3	833,1	818,4

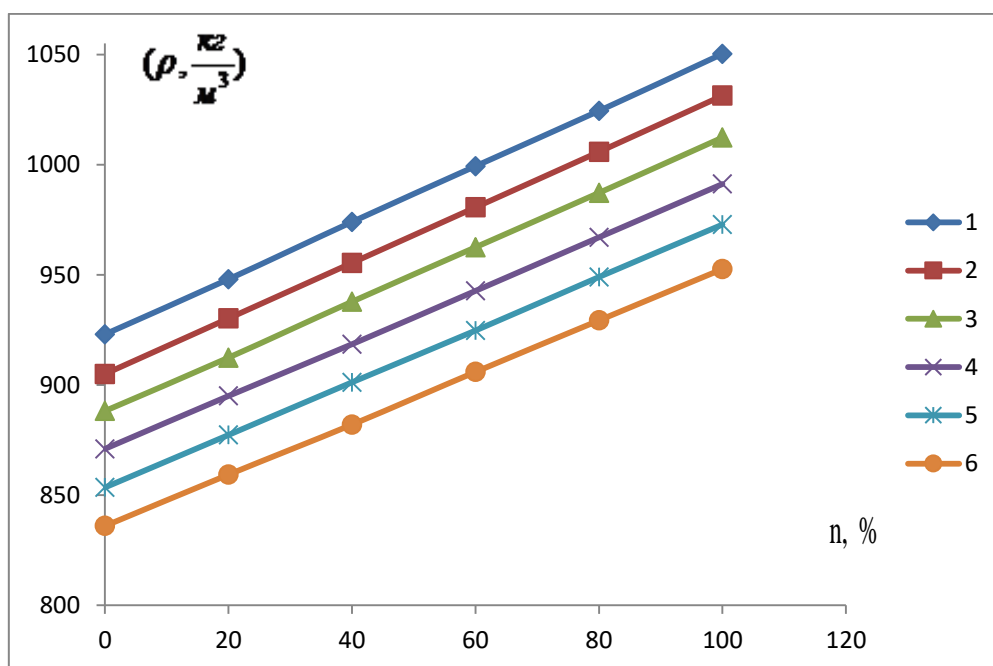
**Таблица 5.** Экспериментальные значения плотности ( $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ) дибутил-фталата в зависимости от температуры и массовой концентрации хлопкового масла [7-8 стр.7-8]

n, %	T, K					
	298,15	323,15	348,15	373,15	398,15	423,15
100	1050,3	1031,3	1012,3	991,2	972,8	952,6
80	1023,6	1004,8	985,6	966,0	948,2	928,0
60	977,4	978,3	960,2	941,0	935,7	904,5
40	971,0	952,2	934,8	916,5	899,1	880,2
20	944,4	940,2	909,4	892,0	874,5	856,5

0	918,03	901,05	884,02	867,09	850,07	833,06
---	--------	--------	--------	--------	--------	--------



**Рисунок 1.** Экспериментальные значения плотности дибутилфталата в зависимости от массовой концентрации облепихового масла [6-15, стр. 11-14] и температуры: 1-298,15К; 2-323,15К; 3-348,15К; 4-373,15К; 5-398,15К; 6-423,15К.



**Рисунок 2.** Экспериментальные значения плотности дибутилфталата в зависимости от массовой концентрации подсолнечного масла и температуры [7, стр. 8]: 1-298,15К; 2-323,15К; 3-348,15К; 4-373,15К; 5-398,15К; 6-423,15К.

Более высокая плотность дибутилфталата связана с более высокой массовой концентрацией раствора пищевого масла.

Льняное и подсолнечное масла имеют меньшую плотность, а хлопковое и облепиховое масла более плотные.

Из таблицы 2-5 видно, что плотность дибутилфталата и пищевого масла снижается с температурой.

По сравнению с дибутилфталатом пищевое масло имеет более высокую массу на единицу объема. Следовательно, добавление пищевых масел к дибутилфталату увеличивает плотность при всех изученных массовых концентрациях, связанных с температурой. Плотность растительного масла будет больше, чем у дибутилфталата при всех температурах.

После повышения температуры уменьшается плотность раствора. Концентрация масел в дибутилфталате меняется при разных температурах, что видно на графиках 1-2. Увеличение концентрации и температуры приводит к росту плотности облепихового масла [7, стр. 10-12].

Плотность пищевых масел и их растворов в зависимости от температуры исследовали с использованием закона соответствующих состояний, мы смогли обработать и обобщить экспериментальные данные [7, 10, 11, стр. 4-8-]:

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (1)$$

здесь  $\rho$  – плотность исследуемых образцов при температуре  $T$ ,  $\rho_1$  – плотность образцов при  $T_1=373\text{K}$ .

Выполнимость зависимости (1) для исследованных [10, стр. 11-15] дибутилфталата и их растворов для различных массовой концентрации пищевых масел, проиллюстрировано на рисунке 1.

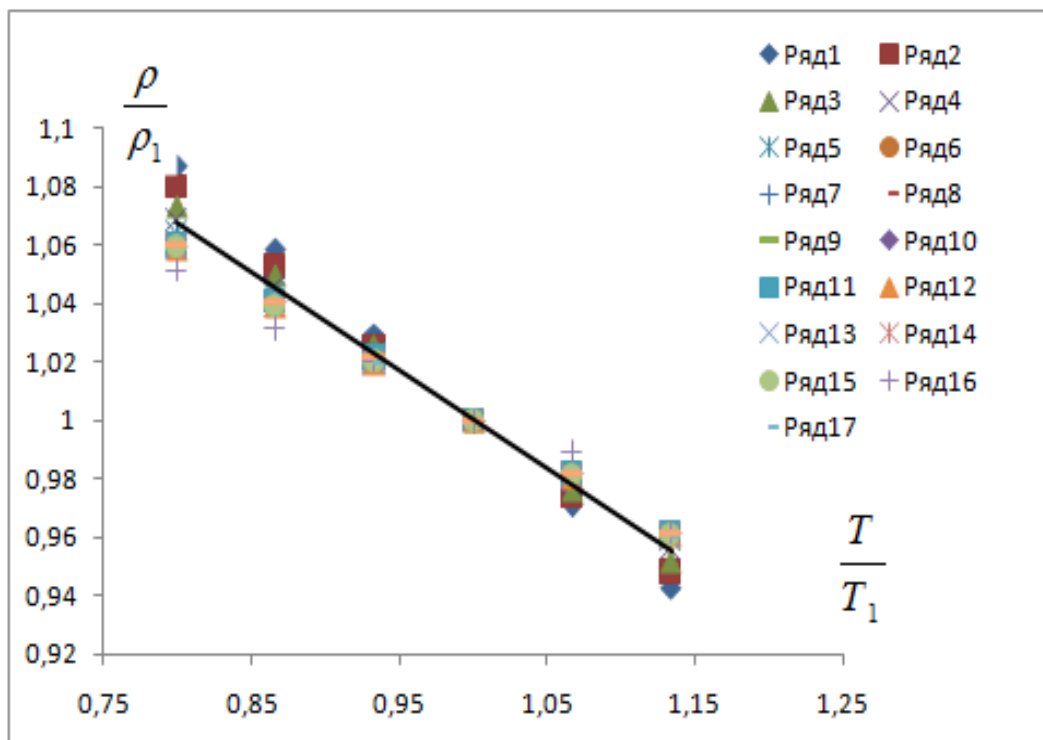
Общая прямая линии исследуемого объекта точно соответствовала экспериментальным данным на основе рисунка 1 и уравнению:

$$\rho = \left(-1,292 - 0,294 \frac{T}{T_1}\right) \cdot \rho_1, \quad (2)$$

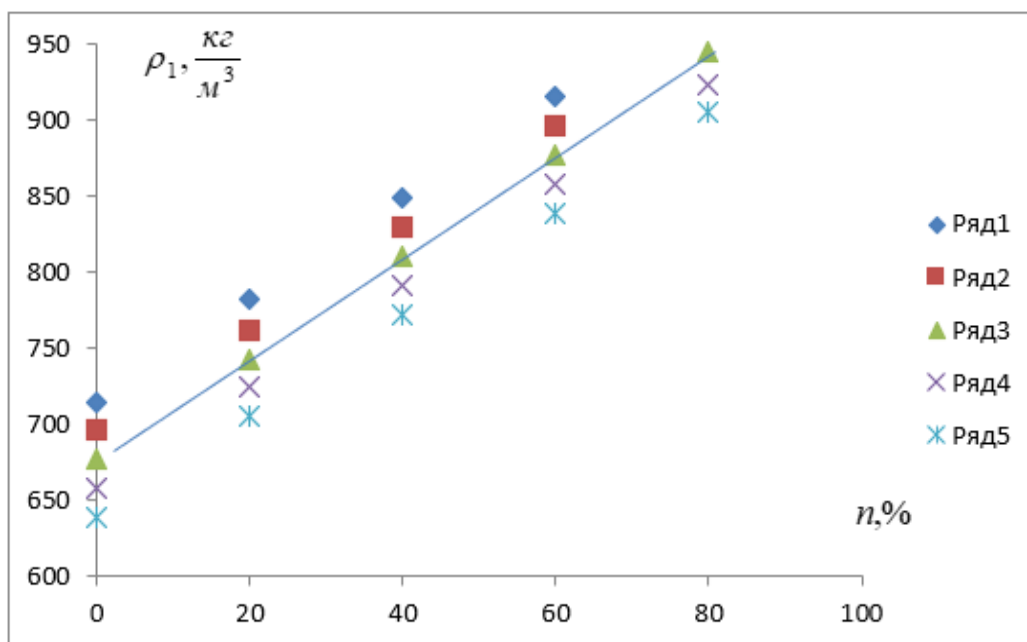
Уравнение (2) указывает температурную зависимость плотности пищевых масел.

С помощью данных уравнения (2) можно вычислить плотность исследованных дибутилфталата в пищевых масел при известном значении  $\rho_1$ , в зависимости от температуры [10, стр. 11-13].

Для исследуемых объектов  $\rho_1$  является функцией массовой концентрации пищевых масел  $n$  в растворах дибутилфталата (рис. 2), о чем свидетельствуют экспериментальные данные.



**Рисунок 3.** Зависимость относительной плотности  $\rho/\rho_1$  от относительной температуры  $T/T_1$  для дибутилфталата при различных массовых концентрациях пищевых масел: 1-дибутилфталат; 2-5-льняное масло; 6-9-подсолнечное масло; 10-13-хлопковое масло; 14-17- облепиховое масло.



**Рисунок 4.** Зависимость дибутилфталата  $\rho_1$  от массовой концентрации пищевых масел  $n$  для льняного масла:  $\diamond$ -20%;  $\square$  - 40; (ЛМ);  $\blacktriangle$  - 60%;  $\times$ -80%;  $\ast$  - 100%.

Уравнение льняного масла имеет следующий вид, что представляет собой линейное уравнение из [3]:

$$\rho_1 = 333,3n + 657,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad (3)$$

Величину  $\rho_1$ , дибутилфталата на которую влияет массовая концентрация пищевых масел  $n$  в подсолнечном, хлопковом и облепиховом маслах, можно выразить математически по формуле, аналогично уравнению (2):

$$\rho_1 = 120,1n + 870,8, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad [11], \quad (4)$$

$$\rho_1 = 123,8n + 867, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad (5)$$

$$\rho_1 = 134,8n + 856, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (6)$$

Концентрация пищевого масла и уровень ошибок менее 2% могут быть использованы для расчета плотности  $\rho_1$  дибутилфталата используя уравнения (3-6). [12, стр. 9-11].

В зависимости от температуры и массовой концентрации [12, стр. 7-9], пищевого масла согласно формуле (2), рассчитываем плотность дибутилфталата, с учётом уравнения (3) - (6):

для льняного масла:

$$\rho = \left[ -1,292 - 0,294 \left( \frac{T}{T_1} \right) \right] (333,3n + 657,6), \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad (7)$$

для подсолнечного масла:

$$\rho = \left[ -1,292 - 0,294 \left( \frac{T}{T_1} \right) \right] (120,1n + 870,8), \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad (8)$$

для хлопкового масла:

$$\rho = \left[ -1,292 - 0,294 \left( \frac{T}{T_1} \right) \right] (123,8n + 867), \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad (9)$$

для облепихового масла:

$$\rho = \left[ -1,292 - 0,294 \left( \frac{T}{T_1} \right) \right] (134,8n + 856), \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (10)$$

Уравнение (7) – (10) используют, в зависимости от температуры и массовой концентрации [13, стр. 4-7], пищевых масел для определения плотности дибутилфталата с погрешностью до 2%:

Различные массовые концентрации пищевых масел в дибутилфталата, таких как хлопковое, облепиховое, льняное и подсолнечное масла, можно определить с помощью технических расчетов, учитывающих температуру, из уравнения (7) – (10).

С погрешностью до 2%, расчётные значения плотности пищевых масел в дибутилфталате и их растворов, совпадают с экспериментальными данными, по формуле, указанной (7) – (10).

При атмосферном давлении и температуре (298–423) К плотности дибутилфталата и их растворов измеряли по массовой концентрации растительных масел. Плотность дибутилфталата и их растворов измерялась методом гидростатического взвешивания [14, стр. 5-7].

Массовая концентрация пищевых масел увеличивается с температурой, изменяется также плотность дибутилфталата и их растворов. Наиболее плотными являются хлопковое и облепиховое масла, более низкий — льняное и подсолнечное. Чем выше массовая концентрация пищевое масло, тем плотнее становится дибутилфталата.

Температура повышается, что приводит к уменьшению расстояния между молекулами раствора и их компонентами. Плотность дибутилфталата и пищевого масла уменьшается с повышением температуры.

Следовательно, дибутилфталат имеет меньшую плотность чем пищевое масло, поэтому включение пищевого масла в дибутилфталат повышает уровни плотности при всех температурах и весах, соответствующих температурным данным [15, стр. 7-8].

Исследования проводились для изучения, как температуры и концентрации пищевых масел влияют на плотность дибутилфталата и их растворов.

Изучая связь между температурой и концентрацией пищевых масел, удалось определить плотность дибутилфталата и их растворов.

### Литература

1. *Борзунов В.А.* Установка для измерения плотности жидкостей гидростатическим методом при давлениях до 10000 кгс/см<sup>2</sup> /*В.А. Борзунов, В.Н. Разумихин*// Труды Ин-тов Комитета стандартов, мер и измерительных приборов. –1964.–Т.75(135).–С.134–142.
2. *Нуритдинов З.* Теплопроводность и плотность сложных эфиров фталевой кислоты /*З. Нуритдинов, Х. Маджидов* // ИФЖ, – т.56. –№5. – 1989. – С.843–844.

3. *Земин В.С.* Экспериментальное исследование плотности предельных спиртов при различных температурах и давлениях. /*В.С. Земин* // Дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – М., 1980. –175 с.
4. *Сияхаков С.М.* Теплопроводность, плотность и термодинамические свойства подсолнечного масла и его растворов /*Сияхаков С.М.*// Дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук 01.04.14. Казань, 2017. 137 стр.
5. *Маджидов Х.* Расчет теплопроводности простых эфиров при высоких параметрах состояния /*Х. Маджидов, М.М Сафаров*// ИФЖ – т.59. – №6. – 1990. – С.1034.
6. *Мухамедзянов Г.Х.* Экспериментальное исследование теплопроводности простых и смешанных эфиров. Тепло- и массообмен в твердых телах, жидкостях и газах. /*Г.Х. Мухамедзянов, А.Т. Усманов*// – Минск: Ин-т тепло и массопереноса АН БССР. – 1970. – С.26–30.
7. *Маджидов Х., Шукрихудоев Х. Дж.* Теплопроводность и теплоёмкость пищевых масел в зависимости от температуры и массовой концентрации дибутилфталата / *Х. Маджидов, Х. Дж. Шукрихудоев* // ТГУК, Душанбе-2019 стр. 236-242.
8. *Шукрихудоев Х.* Теплоёмкость пищевых масел в зависимости от температуры и массовой концентрации дибутилфталата /*Х. Шукрихудоев* // Вестник Таджикского национального университета. – 2017. №1/3 (196).–С.173–177.
9. *Шукрихудоев Х.* Плотности подсолнечного масла в зависимости от концентрации дибутилфталата /*Х. Дж. Шукрихудоев, Х.Маджидов*// Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. №1 (41) 2018. Т. 2 стр. 60–66.
10. *Шукрихудоев Х.* Теплофизические свойства растительных масел и их растворов / *Х. Шукрихудоев, Х. Маджидов*// Вестник педагогического университета. – 2018. – №(1). – С.105–107.
11. *Шукрихудоев Х.* Теплопроводность и плотность растительных масел в зависимости от концентрации дибутилфталата. /*Х. Шукрихудоев, Х. Маджидов, А. Г. Мирзомамадов*// Матер. межд. конф. «Перспективы развития физической науки» посв. памяти (80-летию) Заслуженного деятеля науки и техники РТ, члена-корреспондента АН РТ, доктора физ-мат. наук, профессора Хакимова Фотеха Холиковича. Душанбе-2017. С. 128-131.
12. *Шукрихудоев Х.* Плотности пищевых масел и их растворов в зависимости от температуры /*Х. Шукрихудоев*// Вестник. Филиала Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в г. Душанбе. Серия: естественных наук. Том1, (21) 2022. стр. 97–104.
13. *Шукрихудоев Х.* Обработка и обобщение экспериментальных данных по температуропроводности пищевых масел и их растворы/ *Х.*

*Шукрихудоев* // Вестник ТАУ имени Ш. Шотемур. – 4(101) 2023. стр.102–109.

14. *Шукрихудоев Х.* Плотность пищевых масел и их растворов в зависимости от температуры/ *Х. Маджидов, Х. Шукрихудоев* // Материалы симпозиума физиков Таджикистана, посвященного 85-летию академика Р. Марупова. Душанбе – 2021.стр. 91-95.
15. *Шукрихудоев Х.* – Теплоёмкость органических масел в зависимости от температуры при атмосферном давлении. / *Х. Маджидов, Х. Дж. Шукрихудоев* // Материалы симпозиума физиков Таджикистана, посвященного 85-летию академика Р. Марупова. Душанбе – 2021.стр. 95-99.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ДИБУТИЛОВОГО ЭФИРА ФТАЛЕВОЙ КИСЛОТЫ И ИХ РАСТВОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

**Аннотация.** Нами исследована экспериментальная установка для измерения плотности дибутилового эфира фталевой кислоты и их растворов в зависимости от температуры и массовой концентрации пищевых масел. Для проведения эксперимента мы воспользовались данным экспериментальной установки, которая показана на рисунке 1.

Различные массовые концентрации пищевых масел и дибутилфталата, таких как хлопковое, облепиховое, льняное и подсолнечное масла, можно определить с помощью технических расчетов, учитывающих температуру, из уравнения (7) – (10).

С погрешностью до 2%, расчётные значения плотности пищевых масел в дибутилфталате и их растворов, совпадают с экспериментальными данными, по формуле, указанной (7) – (10).

При атмосферном давлении и температуре (298–423) К плотности дибутилфталата и их растворов измеряли по массовой концентрации растительных масел. Плотность дибутилфталата и их растворов измерялась методом гидростатического взвешивания.

Массовая концентрация пищевых масел увеличивается с температурой, изменяется также плотность дибутилфталата и их растворов. Наиболее плотными являются хлопковое и облепиховое масла, более низкий — льняное и подсолнечное. Чем выше массовая концентрация пищевого масла, тем плотнее становится дибутилфталат.

Температура повышается, что приводит к уменьшению расстояния между молекулами раствора и их компонентами. Плотность дибутилфталата и пищевого масла уменьшается с повышением температуры.

Следовательно, дибутилфталат имеет меньшую плотность чем пищевое масло, поэтому включение пищевого масла в дибутилфталат повышает плотность при всех температурах и соответствующих температурным данным.

Исследования проводились для изучения: как температура и концентрация пищевых масел влияют на плотность дибутилфталата и их растворов.

Изучая связь между температурой и концентрацией пищевых масел, удалось определить плотность дибутилфталата и их растворов.

**Ключевые слова:** плотность, дибутилфталат, массовая концентрация пищевых масел, хлопковое масло, облепиховое масло, льняное масло, подсолнечное масло, температура, атмосферное давление.

## **ОМУЗИШИ ЗИЧИИ ДИБУТИЛФТАЛАТ ВА МАҲЛУЛҲОИ ОНҲО ҲАМЧУН ВАЗИФАИ ҲАРОРАТ**

**Фишурда.** Мо ба таври таҷрибавӣ дастгоҳи таҷрибавиро барои чен кардани зичии дибутилфталат ва маҳлулҳои онҳо ҳамчун функсияи ҳарорат ва консентратсияи массаи равшанҳои ошӣ тафтиш кардем. Барои таҷриба, мо дастгоҳи таҷрибавии дар расми 1 нишондодашударо истифода бурдем. Консентратсияи гуногуни массаи равшанҳои ошӣ дар фталати дибутилий, аз қабилӣ пахта, ангат, зағир ва равшани офтобпарастро метавон бо истифода аз ҳисобҳои техникаи аз ҳарорат идорашаванда бо истифода аз муодилаҳои (7) – (10) муайян кард.

Бо ҳатогии то 2%, арзишҳои зичии ҳисобшудаи равшанҳои ошӣ дар дибутилфталат ва маҳлулҳои онҳо бо маълумоти таҷрибавӣ бо истифода аз формулаи дар (7) - (10) нишондодашуда мувофиқат мекунад.

Дар фишори атмосфера ва ҳарорати 298-423 К, зичии дибутилфталат ва маҳлулҳои он бо истифода аз консентратсияи массаи равшани растанӣ чен карда шуд. Зичии дибутилфталат ва маҳлулҳои он бо усули тарозуи гидростатикӣ чен карда шуд.

Консентратсияи массаи равшани ошӣ бо ҳарорат зиёд шуда, зичии дибутилфталат ва маҳлулҳои онҳо низ тағйир меёбад. Равшани пахта ва ангат зичии баландтарин, равшани зағир ва офтобпараст камтар аст. Чӣ қадаре ки консентратсияи массаи равшани ошӣ баланд бошад, ҳамон қадар дибутилфталат зичтар мешавад.

Баландшавии ҳарорат масофаи байни молекулаҳои маҳлул ва чузӯҳои онҳоро кам мекунад. Зичии дибутилфталат ва равшани ошӣ бо баланд шудани ҳарорат кам мешавад.

Аз ин рӯ, дибутилфталат нисбат ба равшани ошӣ зичии камтар дорад. Аз ин рӯ, илова кардани равшани ошӣ ба дибутилфталат сатҳи зичии ҳарорат ва вазнҳои мувофиқи маълумоти ҳароратро зиёд мекунад.

Таҳқиқот гузаронида шуд, ки чӣ гуна ҳарорат ва консентратсияи равшанҳои хӯроқӣ ба зичии дибутилфталат ва маҳлулҳои онҳо таъсир мерасонанд.

Бо омӯختани таносуби байни ҳарорат ва консентратсияи равшанҳои хӯроқӣ зичии дибутилфталат ва маҳлулҳои онро муайян кардан мумкин буд.

**Калидвожаҳо:** зичӣ, дибутилфталат, маҳлуло, концентратсияи массаи рағани ошӣ, рағани пахта, рағани ангат, рағани зағир, рағани офтобпараст, ҳарорат, фишори атмосферӣ, ҳисобҳои муҳандисӣ.

## **STUDY OF THE DENSITY OF DIBUTYL PHTHALATE AND THEIR SOLUTIONS AS A FUNCTION OF TEMPERATURE**

**Annotation.** We experimentally investigated an experimental setup for measuring the density of dibutyl phthalate and their solutions as a function of temperature and the mass concentration of edible oils. For the experiment, we used the experimental setup shown in Figure 1.

Various mass concentrations of edible oils in dibutyl phthalate, such as cottonseed, sea buckthorn, linseed, and sunflower oils, can be determined using temperature-controlled technical calculations using equations (7)–(10).

With an error of up to 2%, the calculated density values of edible oils in dibutyl phthalate and their solutions agree with experimental data, using the formula specified in (7)–(10).

At atmospheric pressure and a temperature of 298–423 K, the density of dibutyl phthalate and its solutions was measured using the mass concentration of vegetable oils. The density of dibutyl phthalate and its solutions was measured using hydrostatic weighing.

The mass concentration of edible oils increases with temperature, and the density of dibutyl phthalate and their solutions also changes. Cottonseed and sea buckthorn oils have the highest density, while linseed and sunflower oils have lower density. The higher the mass concentration of the edible oil, the denser the dibutyl phthalate.

Increasing temperature reduces the distance between the solution molecules and their components. The density of dibutyl phthalate and edible oil decreases with increasing temperature.

Therefore, dibutyl phthalate has a lower density than edible oil. Therefore, adding edible oil to dibutyl phthalate increases density levels at all temperatures and weights corresponding to the temperature data.

Research was conducted to examine how the temperature and concentration of edible oils affect the density of dibutyl phthalate and their solutions.

By studying the relationship between temperature and concentration of edible oils, it was possible to determine the density of dibutyl phthalate and its solutions.

**Keywords:** density, dibutyl phthalate, solutions, mass concentration of edible oils, cottonseed oil, sea buckthorn oil, linseed oil, sunflower oil, temperature, atmospheric pressure, engineering calculations.

**Сведения об авторе:** Шукрихудоев Хуррам Джумъаевич - преподаватель кафедры общей физики Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни. Адрес: 734003, г. Душанбе, пр. Рудаки, 121. Телефон: (+992)935-13-15-16. E-mail: [khurram-82@mail.ru](mailto:khurram-82@mail.ru).

*Маълумот дар бораи муаллиф: Шукрихудоёв Хуррам Чумъаевич* — омӯзгори кафедраи физикаи умумии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айнӣ. Суроға: 734003, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. Телефон: (+992) 935-13-15-16. E-mail: [khurram-82@mail.ru](mailto:khurram-82@mail.ru).

*Author Information: Shukrikhudoev Khurram Jummaevich* — Lecturer at the Department of General Physics, Tajik State Pedagogical University named after S. Aini. Address: 734003, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121. Phone: (+992) 935-13-15-16. E-mail: [khurram-82@mail.ru](mailto:khurram-82@mail.ru).

Мақола ба редакция ворид шуд: 27.02.2026

Аз тақриз баргашт: 18.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 03.04.2026

УДК 535.361: 621.37

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВА И НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Махмудиён М.М., Умаров М.Ф.

ГОО «Худжандский государственный университет имени академика Бободжона Гафурова»

### Введение и актуальность.

Пьезоэлектричество - это явление возникновения электрического поля в кристаллах при механическом воздействии и, наоборот, деформации под действием электрического поля. Оно лежит в основе работы множества современных устройств, включая датчики, актуаторы, ультразвуковое оборудование и энергоустановки. В последние десятилетия интерес к пьезоэлектрическим материалам значительно возрос благодаря развитию нанотехнологий, новых методов синтеза и необходимости создания высокоэффективных и многофункциональных материалов.

Особое внимание уделяется нелинейным кристаллам, свойства которых выходят за рамки классической линейной пьезоэлектрики. Нелинейные эффекты открывают новые возможности для управления электромеханическими процессами, создания адаптивных систем и повышения чувствительности приборов. Теоретическое понимание механизмов пьезоэлектричества и нелинейных явлений в кристаллах является ключевым для разработки инновационных материалов и устройств с заданными характеристиками [1, с. 57; 2, с. 53; 3, с. 3].

Таким образом, исследование теоретических основ пьезоэлектричества и нелинейных кристаллов представляет собой актуальную и перспективную область науки и техники. Данная статья направлена на систематизацию существующих знаний, анализ современных моделей и выявление

перспективных направлений дальнейших исследований, что позволит расширить функциональные возможности пьезоэлектрических материалов и повысить эффективность их применения в различных сферах.

**Цель и задачи.** Целью статьи является всестороннее изучение фундаментальных принципов пьезоэлектрического эффекта и их применения в контексте нелинейных оптических кристаллов. В статье ставится задача раскрыть физическую природу пьезоэлектричества, описать математические модели и теоретические подходы, которые позволяют объяснить поведение таких материалов при воздействии электрических и механических полей. Кроме того, важной задачей является анализ структуры и свойств нелинейных кристаллов, а также рассмотрение их роли в современных технологиях, включая оптику и электронику. В результате статья направлена на создание прочной теоретической базы, необходимой для дальнейших исследований и практического использования пьезоэлектрических и нелинейных материалов в области медицинской электроники, сенсорики и энергетики.

**Результаты и обсуждение.** Пьезоэлектричество представляет собой фундаментальное физическое явление, при котором механическое напряжение в кристаллической структуре вызывает появление электрического заряда на её поверхности, и наоборот приложение электрического поля приводит к деформации материала. В таких материалах смещение положительных и отрицательных ионов под нагрузкой создает макроскопический дипольный момент, что делает пьезоэлектрики незаменимыми в сенсорах, актуаторах и ультразвуковых преобразователях [4, с. 27; 5, с. 17].

Однако классическая линейная теория пьезоэлектричества описывает лишь малые деформации, где связь между напряжением и полем является строго пропорциональной. Реальные же кристаллы, особенно при высоких уровнях энергии или в сильных электрических полях, демонстрируют ярко выраженные нелинейные свойства. В этой области отклик материала перестает быть простым следствием воздействия: возникают высшие гармоники, параметрическое усиление и эффекты насыщения. Нелинейность может быть вызвана как самой структурой решетки, так и доменной переориентацией, когда электрическое поле заставляет микроскопические области с разной поляризацией менять свое направление [6, с. 5; 7, с. 42; 8, с. 4755].

Исследование нелинейных кристаллов требует учета сложного взаимодействия между упругими, электрическими и тепловыми полями. В таких системах могут наблюдаться хаотические колебания, бифуркации и самоорганизация структур, что открывает возможности для создания новых типов устройств, работающих за пределами линейного режима. Понимание этих механизмов позволяет инженерам проектировать прецизионные системы

для телекоммуникаций, медицинской диагностики и высокоточных измерений, где традиционные линейные модели уже не обеспечивают нужной точности или диапазона рабочих параметров.

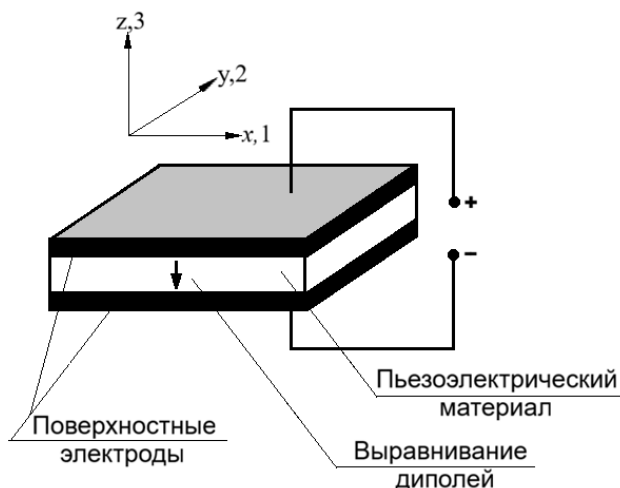
Современный прогресс в этой области тесно связан с развитием материаловедения и методами компьютерного моделирования. Ученые активно изучают сегнетоэлектрики и композитные материалы, способные сочетать высокие пьезоэлектрические коэффициенты с управляемой нелинейностью. Экспериментальные данные подтверждают, что управление структурой кристалла на наноуровне позволяет тонко настраивать его отклик, создавая материалы с заданными нелинейными характеристиками для решения конкретных технических задач. Это направление продолжает развиваться, обещая прорывы в создании адаптивных и интеллектуальных систем преобразования энергии [9, с. 496].

При небольших нагрузках - когда электрические поля слабые, а механическое давление минимально - пьезоэлектрические материалы ведут себя предсказуемо и стабильно. Их реакция строго пропорциональна внешнему воздействию, то есть они имеют линейную зависимость.

Однако ситуация меняется, если заставить материал работать на пределе. В условиях мощных электрических полей или сильного механического напряжения пьезоэлектрики начинают проявлять значительную нелинейность, и их поведение становится гораздо сложнее просчитать.

В данной работе фокус сделан именно на линейном поведении материалов. Иными словами, мы отталкиваемся от допущения, что пьезоэлектрические преобразователи используются в «щадящем» режиме - при низких уровнях электрического поля и минимальном механическом напряжении [10, с. 357].

На рисунке 1 приведена принципиальная схема пьезоэлектрического преобразователя.



*Рис. 1. Принципиальная схема пьезоэлектрического преобразователя*

На этом принципе основаны пьезоэлектрические материалы, используемые в качестве датчиков. Кроме того, если к поверхностям материала прикреплены электроды, генерируемый электрический заряд может быть собран и использован. В основе математического описания пьезоэффекта лежит простая идея: общая деформация материала складывается из двух составляющих. Первая - это привычное механическое изменение формы под воздействием внешней силы (напряжения). Вторая - это дополнительная деформация, которая возникает исключительно из-за действия приложенного электрического поля.

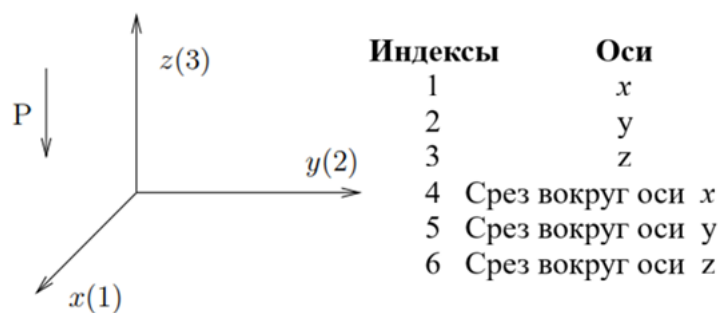
На рисунке 1 оси обозначены цифрами. Ось 3 соответствует направлению начальной поляризации пьезокерамики, а оси 1 и 2 лежат в плоскости, перпендикулярной оси 3. Более наглядно показано на рисунке 2.

Описывающие электромеханические уравнения для линейного пьезоэлектрического материала можно записать как:

$$\varepsilon_i = S_{ij}^E \sigma_j + d_{mi} E_m \quad (1)$$

$$D_m = d_{mi} \sigma_i + \chi_{ik}^\sigma E_k \quad (2)$$

индексы  $i, j = 1, 2, \dots, 6$  и  $m, k = 1, 2, 3$  относятся к различным направлениям в системе координат материала, как показано на рисунке 2.



**Рис. 2** Координационные оси

Вышеприведенные уравнения можно переписать в следующей форме, которая часто используется для приложений, связанных с датчиками:

$$\varepsilon_i = S_{ij}^D \sigma_j + g_{mi} D_m \quad (3)$$

$$E_m = g_{mi} \sigma_i + \beta_{ik}^\sigma D_k \quad (4)$$

где  $\sigma$  - вектор напряжений;  $\varepsilon$  - вектор деформаций;  $E$  - вектор приложенного электрического поля;  $\chi$  - диэлектрическая проницаемость;  $d$  - матрица

пьезоэлектрических констант деформации;  $S$  - матрица коэффициентов податливости;  $D$  - вектор электрического смещения;  $g$  - матрица пьезоэлектрических констант;  $\beta$  - компонент непроницаемости.

Верхние индексы  $D$ ,  $E$  и  $\sigma$  - это просто технические пометки. Они показывают, какие условия оставались неизменными во время измерений: постоянное электрическое смещение, постоянное электрическое поле или постоянное механическое напряжение соответственно. Сами формулы делятся на две пары в зависимости от того, как именно работает устройство:

1. Обратный пьезоэффект (уравнения 1 и 3): Описывают работу в режиме актуатора (привода). Это ситуация, когда мы подаем электричество, а элемент в ответ сжимается или расширяется. Кстати, именно этот режим чаще всего используют, чтобы рассчитать пьезоэлектрические коэффициенты материала.

2. Прямой пьезоэффект (уравнения 2 и 4): Описывают работу в режиме датчика. Здесь всё наоборот: мы сжимаем или растягиваем элемент, а он генерирует электрический заряд.

Чтобы громоздкие формулы было удобнее использовать в расчетах, всю эту систему уравнений (с 1-го по 4-е) объединяют и записывают в компактном матричном виде:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_{11} & d_{21} & d_{31} \\ d_{12} & d_{22} & d_{32} \\ d_{13} & d_{23} & d_{33} \\ d_{14} & d_{24} & d_{34} \\ d_{15} & d_{25} & d_{35} \\ d_{16} & d_{26} & d_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$D = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Предполагая, что устройство расположено вдоль оси 3, и рассматривая пьезоэлектрический материал как поперечно-изотропный материал, что справедливо для пьезоэлектрической керамики, многие из параметров в приведенных выше матрицах будут либо равны нулю, либо могут быть выражены в терминах других параметров.

Далее, учитывая нулевые и ненулевые коэффициенты, уравнения (5) и (6) упрощаются до:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & 0 & 0 & 0 \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & 0 & 0 & 0 \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2(S_{11} - S_{12}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & d_{31} \\ 0 & 0 & d_{32} \\ 0 & 0 & d_{33} \\ 0 & d_{15} & 0 \\ d_{15} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$D = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 & 0 \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Таким образом, математическое описание прямых и обратных пьезоэффектов, являясь фундаментальными явлениями в области материаловедения и физики, базируется на тензорных уравнениях, отражающих линейную связь между механическими и электрическими величинами (напряжение, деформация, электрическое поле, электрическая индукция), определяемую тензором пьезоэлектрических коэффициентов.

Математическое описание пьезоэффекта, основанное на тензорном анализе, позволяет точно предсказывать поведение пьезоэлектрических материалов в различных условиях и проектировать на их основе эффективные устройства [11, с. 8; 12, с. 58; 13, с. 4].

Вместе с тем, математически пьезоэффект описывается линейными связями между тензорами поляризации, напряжений, деформаций и электрического поля, что делает его удобным инструментом для управления микроскопическими процессами в электромеханических системах.

Физический смысл пьезоэффекта заключается в следующем: когда материал подвергается механической деформации (сжатию или растяжению), его кристаллическая решетка смещается. В пьезоэлектрических материалах этот смещение приводит к изменению формы и размеров кристалла, а также к разбалансировке положительных и отрицательных зарядов внутри материала, создавая дипольные моменты. Суммарный эффект этих диполей приводит к появлению макроскопической электрической поляризации на поверхности материала.

При подаче электрического поля на кристалл ионы смещаются, вызывая упругие деформации. Это приводит к изменению формы кристалла - он либо сжимается, либо растягивается, в зависимости от направления поля. Такая деформация может быть использована для точного позиционирования в микроскопии, ультразвуковых генераторах или датчиках.

Важно, что пьезоэффект возможен только в кристаллах без центра симметрии - таких как кварц, титанат бария, сегнетоэлектрики. В симметричных структурах смещения ионов компенсируют друг друга, и эффект не проявляется.

Теперь рассмотрим физический смысл некоторых представленных выше пьезоэлектрических коэффициентов, а именно  $d_{ij}$ ,  $g_{ij}$ , и  $S_{ij}$ .

Пьезоэлектрический коэффициент  $d_{ij}$  - это отношение деформации по оси  $j$  к электрическому полю, приложенному вдоль оси  $i$ , при условии, что все внешние напряжения остаются постоянными. Коэффициент  $d_{ij}$  можно понимать, как эффективность генерации заряда. Он показывает, сколько электрического заряда протекает через единицу площади электродов (расположенных перпендикулярно оси  $j$ ), если приложить механическое напряжение вдоль оси  $i$ . Простыми словами: это отношение полученного заряда к приложенной силе.

У коэффициента  $g_{ij}$  есть два физических смысла в зависимости от режима работы:

- В режиме датчика: он показывает напряженность электрического поля, которое возникает вдоль оси  $i$ , когда мы механически деформируем (сжимаем или растягиваем) материал вдоль оси  $j$ .

- В режиме актуатора: это отношение деформации вдоль оси  $j$  к плотности заряда, который мы подали на электроды, перпендикулярные оси  $i$ . То есть, сколько механического сдвига мы получим на единицу поданного заряда.

Пьезоэлектрические коэффициенты, как  $d_{ij}$ , так и  $g_{ij}$ , имеют решающее значение для понимания и проектирования пьезоэлектрических устройств, поскольку они количественно определяют взаимосвязь между механическими и электрическими свойствами материалов. Первый,  $d_{ij}$  (прямой пьезоэлектрический коэффициент), описывает, насколько эффективно материал преобразует механическое напряжение в электрический заряд. Это свойство крайне важно для датчиков, которые измеряют давление, вибрацию или силу, генерируя электрический сигнал в ответ на механическое воздействие. Чем выше значение  $d_{ij}$ , тем чувствительнее будет датчик.

Второй,  $g_{ij}$  (обратный пьезоэлектрический коэффициент), описывает, насколько эффективно материал преобразует приложенное электрическое поле в механическую деформацию. Это свойство находит применение в исполнительных механизмах, таких как ультразвуковые преобразователи, актуаторы и прецизионные позиционные системы. Здесь приложенное напряжение вызывает движение или изменение формы, что позволяет точно

управлять механическими процессами. Величина  $g_{ij}$  определяет, какое напряжение требуется для достижения заданной деформации.

Связь между  $d_{ij}$  и  $g_{ij}$  также не случайна. При определенных условиях они могут быть выражены через друг друга, используя диэлектрическую проницаемость материала. Эта взаимосвязь позволяет перейти от описания поведения материала в одном режиме (например, датчиковом) к другому (например, исполнительном), если известны его основные пьезоэлектрические и диэлектрические характеристики. Это упрощает моделирование и разработку сложных пьезоэлектрических систем.

Таким образом,  $d_{ij}$  и  $g_{ij}$  являются фундаментальными параметрами, определяющими функциональность пьезоэлектрических материалов. Их глубокое понимание и точное измерение необходимы для создания высокоэффективных и специализированных устройств, использующих пьезоэлектрический эффект в самых разнообразных областях - от бытовой электроники до аэрокосмической промышленности и медицины.

Константа упругой податливости  $S_{ij}$  - это отношение деформации в направлении  $i$  к напряжению в направлении  $j$  при условии отсутствия изменения напряжения вдоль двух других направлений. Прямые деформации и напряжения обозначаются индексами от 1 до 3. Сдвиговые деформации и напряжения обозначаются индексами от 4 до 6. Далее,  $S_{12}$  обозначает прямую деформацию вдоль оси 1, когда устройство подвергается напряжению вдоль оси 2, а напряжения вдоль направлений 1 и 3 остаются неизменными. Аналогично,  $S_{44}$  относится к сдвиговой деформации, вызванной сдвиговым напряжением вокруг той же оси.

Верхний индекс «E» используется для обозначения того, что упругая податливость  $S^E_{ij}$  измеряется при закороченных электродах. Аналогично, верхний индекс «D» в  $S^D_{ij}$  обозначает, что измерения проводились при разомкнутой цепи электродов. Механическое напряжение приводит к электрическому отклику, который может увеличить результирующую деформацию. Поэтому естественно ожидать, что  $S^E_{ij}$  будет меньше, чем  $S^D_{ij}$ . То есть, у пьезоэлемента с коротким замыканием модуль упругости меньше, чем в разомкнутом состоянии.

**Заключение.** Таким образом, пьезоэлектрики - это материалы, которые обладают уникальной структурной особенностью: их кристаллическая решетка не имеет центра симметрии. Это означает, что при отсутствии внешних сил, положительные и отрицательные заряды в кристалле распределены так, что общий дипольный момент отсутствует, или эти диполи случайным образом ориентированы, что приводит к отсутствию макроскопического электрического поля.

Фундаментальные для материаловедения и физики прямые и обратные пьезоэффекты находят свое математическое выражение в тензорных уравнениях. Эти уравнения описывают линейную зависимость между механическими и электрическими характеристиками материалов (напряжением, деформацией, электрическим полем и индукцией), которая определяется тензором пьезоэлектрических коэффициентов. Использование тензорного анализа для описания пьезоэффекта дает возможность с высокой точностью прогнозировать поведение пьезоэлектрических материалов в различных условиях, что критически важно для разработки эффективных устройств на их основе.

Следует отметить, что теоретические основы пьезоэлектричества и нелинейных кристаллов представляют собой фундаментальную базу для понимания сложных физических процессов, происходящих в этих материалах. Рассмотренные в статье модели и математические методы анализа позволяют глубже понять взаимосвязь между структурными особенностями кристаллов и их пьезоэлектрическими свойствами, а также выявить механизмы нелинейного поведения. Это знание открывает широкие перспективы для разработки новых функциональных материалов и устройств с улучшенными характеристиками, востребованных в современной электронике, сенсорике и энергетике. В дальнейшем исследование нелинейных эффектов и их теоретическое описание будут способствовать созданию инновационных технологий и расширению применения пьезоэлектрических кристаллов в различных областях науки, в частности, в медицинской электронике и технике.

### Литература

1. Шаскольская М.П. Кристаллография: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1984. – 376 с.
2. Панич А.А., Мараховский М.А., Мотин Д.В. Кристаллические и керамические пьезоэлектрики // Инженерный вестник Дона. – 2011. – Т 15. – №1 – С. 53-64.
3. ОАО «Фомос-Материалс» пьезоэлектрические материалы и приборы: [Электронный ресурс]. 2001-2019. URL: <http://www.newpiezo.com>.
4. Балышева, О. Л. Материалы для акустоэлектронных устройств: учеб. пособие / О. Л. Балышева; ГУАП. СПб, 2005. 50 с
5. Балышева О.Л., Смирнов Ю.Г., Клюдзин В.В. База данных кварцеподобных материалов // Материалы электронной техники. – 2008. – №4. – С. 17-23.

6. *Спиридонов Н.А., Сидак И.Л.* Поляризация пьезокерамических элементов и контроль пьезосвойств // Вестник ДонНУ. Серия Г: Технические науки. – 2024. – № 2. – С. 18-23. DOI: 10.5281/zenodo.12548440
7. *Умаров М., Юрин М., Грузиненко В., Миленин П.* Спектроскопическое исследование качества пьезоэлектрических кристаллов // Наноиндустрия. – 2010. – №1. – С.42–44.
8. *Renato Calìò, Udaya Bhaskar Rongala, Domenico Camboni et al.* Piezoelectric energy harvesting solutions // Sensors. - 2014. - Vol. 14, no. 3. - P. 4755–4790.
9. *Ali W. G., Ibrahim S.W.* Power analysis for piezoelectric energy harvester // Energy and Power Engineering. - 2012. - Vol. 4, no. 06. - P. 496-505.
10. *Wu H., Tang L., Yang Y., Soh C.K.* A novel two-degrees-of-freedom piezoelectric energy harvester // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. - 2013. - Vol. 24, no. 3. - P. 357–368.
11. *Rguiti M., Hajjaji A., D’Astorg S. et al.* Elaboration and characterization of a low frequency and wideband piezoceramic generator for energy harvesting // Optical Materials. - 2013. - Vol. 36, no. 1. - P. 8–12.
12. *Умаров М.Ф., Козиев К.С., Ходжибаев А.К.* Оптический метод контроля акустической добротности пьезоэлектрических кристаллов  $\text{Pr}_3\text{Sb}_5\text{O}_{12}$  и  $\text{Nb}_3\text{Sb}_5\text{O}_{12}$  // Ученые записки ХГУ. – 2012. - № 2. – С. 58-63.
13. *Рахматова З.М., Умаров М.Ф., Ходжибаев А.К.* Колебательные спектры пьезоэлектрика антимонита празеодима  $\text{Pr}_3\text{Sb}_5\text{O}_{12}$  // Вестник Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими. – 2013. - № 2 (22) – С. 4-8.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВА И НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛОВ

**Аннотация.** В статье рассматриваются фундаментальные принципы пьезоэлектрического эффекта и особенности поведения нелинейных кристаллических структур. Особое внимание уделяется математическому описанию взаимосвязи между механическими деформациями и электрическими полями в пьезоэлектрических материалах, а также анализу влияния кристаллической симметрии на их физические свойства. В работе обсуждаются современные модели, позволяющие учитывать нелинейные эффекты, возникающие при больших напряжениях и деформациях, что важно для разработки новых функциональных материалов и устройств. Представленные теоретические результаты могут служить основой для дальнейших исследований и практического применения в области сенсорики, актуаторных систем и микроэлектроники.

**Ключевые слова:** пьезоэлектрические материалы, нелинейные кристаллы, пьезоэффект, датчик.

## АСОСҲОИ НАЗАРИЯВИИ ПӢЕЗОЭЛЕКТРИКӢ ВА КРИСТАЛЛҲОИ ҒАЙРИХАТӢ

**Фишурда.** Дар ин мақола принципҳои асосии таъсири пӢезоэлектрикӣ ва рафтори сохторҳои кристаллии ғайрихаттӣ баррасӣ мешаванд. Таваҷҷӯҳи махсус ба тавсифи математикии робитаи байни деформатсияҳои механикӣ ва майдонҳои электрикӣ дар маводҳои пӢезоэлектрикӣ, инчунин ба таҳлили таъсири симметрияи кристалл ба хосиятҳои физикии онҳо равона карда шудааст. Дар мақола моделҳои муосир, ки таъсири ғайрихаттиро дар зери фишор ва деформатсияҳои баланд ба вучуд меоянд, ба назар мегиранд, баррасӣ мешаванд, ки барои таҳияи маводҳо ва дастгоҳҳои нави функционалӣ муҳим аст. Натиҷаҳои назариявии пешниҳодшуда метавонанд ҳамчун асос барои таҳқиқоти минбаъда ва татбиқи амалӣ дар соҳаҳои сенсорӣ, системаҳои иҷрокунанда ва микроэлектроника хизмат кунанд.

**Калидвожаҳо:** маводҳои пӢезоэлектрикӣ, кристаллҳои ғайрихаттӣ, таъсири пӢезоэлектрикӣ, сенсор.

## THEORETICAL FOUNDATIONS OF PIEZOELECTRICITY AND NONLINEAR CRYSTALS

**Annotation.** This article examines the fundamental principles of the piezoelectric effect and the behavior of nonlinear crystalline structures. Particular attention is paid to the mathematical description of the relationship between mechanical deformations and electric fields in piezoelectric materials, as well as to the analysis of the influence of crystal symmetry on their physical properties. The paper discusses modern models that take into account nonlinear effects arising under high stresses and strains, which is important for the development of new functional materials and devices. The presented theoretical results can serve as a basis for further research and practical applications in the fields of sensorics, actuator systems, and microelectronics.

**Keywords:** piezoelectric materials, nonlinear crystals, piezoelectric effect, sensor.

**Маълумот дар бораи муаллифон:**

**Маҳмудиён Муинсарвати Муҳаммад** – унвонҷуи кафедраи физикаи умумӣ ва ҳисмҳои саҳти МДТ “Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Б.Ғафуров”. **Суроға:** Ҷумҳурии Тоҷикистон, 735700, ш. Хучанд, хиёбони Мавлонбеков, 1.

**Умаров Мақсудҷон Ғайзулоевич** - доктори илмҳои физика ва математика, профессор, узви вобастаи АИТҶ, профессори кафедраи физикаи умумӣ ва ҳисмҳои саҳти МДТ “Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Б. Ғафуров”. **Суроға:** Ҷумҳурии Тоҷикистон, 735700, ш. Хучанд, хиёбони Мавлонбеков, 1. **E-mail:** [umma54@rambler.ru](mailto:umma54@rambler.ru).

**Сведения об авторах:** *Махмудиён Муинсарвати Мухаммад* - соискатель кафедры общей физики и твёрдого тела ГОУ “Худжандского государственного университета имени академика Б. Гафурова”. **Адрес:** Республика Таджикистан, 735700, г. Худжанд, пр. Мавлонбекова, 1.

*Умаров Максуджон Файзулоевич* – доктор физико-математических наук, профессор, член-корр. РАН, профессор кафедры общей физики и твёрдого тела ГОУ “Худжандского государственного университета имени академика Б. Гафурова”, **Адрес:** Республика Таджикистан, 735700, г. Худжанд, пр. Мавлонбекова, 1. **E-mail:** [umma54@rambler.ru](mailto:umma54@rambler.ru).

**Information about the authors:** *Mahmudiyon Muinsarwati Muhammad* – Applicant at the Department of General Physics and Solid State State Educational Institution “Khujand State University named after Academician B. Gafurov”. **Address:** Republic of Tajikistan, 735700, Khujand, Mavlonbekov ave., 1.

*Umarov Maksujon Fayzuloevich* – Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor, Corresponding Member of the RAE, Professor of the Department of General Physics and Solid State State Educational Institution “Khujand State University named after Academician B. Gafurov”. **Address:** Republic of Tajikistan, 735700, Khujand, Mavlonbekov ave., 1. **E-mail:** [umma54@rambler.ru](mailto:umma54@rambler.ru).

Мақола ба редакция ворид шуд: 18.02.2026

Аз тақриз баргашт: 03.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 17.04.2026

**УДК 539.23: 620.3**

## **ТАҲЛИЛИ СОХТОРҶО ВА ХОСИЯТҶОИ ЛАВҶАИ МОНОКРИСТАЛИИ АРСЕНИДИ ГАЛЛИЙ БАРОИ БА ДАСТ ОВАРДАНИ НАНОСОХТОРҶО ДАР САТҶИ ОН**

**Холиқов Н.Ф., Алидодов Т.М.**

**Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ**

Муҳаққиқон ба маводҳои наносохторӣ аз сабаби хосиятҳои ғайриоддӣ доштанишон дар муқоиса бо аналогҳои ҳаҷмӣ ё тунукпарда таваҷҷӯҳи зиёд доранд [1, 2]. Бисёре аз ин хосиятҳо дурнамои татбиқи наносохтори маводро барои электроника, фотоника, саноати энергетикӣ ва ғайра пешниҳод мекунад.

Арсениди галлий (GaAs) дар байни ҳама пайвастагиҳои нимноқилҳо ҳам дар миқёси истеҳсолот ва ҳам аз ҷиҳати васеъ истифодаи он дар соҳаҳои гуногун ҷои аввалро ишғол мекунад. Дар ибтидои солҳои 1960-ум аввалин дастгоҳҳои оптоэлектроникӣ GaAs - диодҳои рӯшноӣ (LED) барои барномаҳо ба монанди дисплейҳои соатҳои кварцӣ пайдо шуданд. Дар миёнаҳои солҳои 1960-ум, таҳти сарпарастии Вазорати дифои ИМА тадқиқот оид ба хосиятҳои GaAs ва имкони истифодаи арсениди галлий

дар микросхемаҳои интегралӣ (МИ) оғоз ёфт, ки бо эҷоди МИ-ҳои баландсуръат барои системаҳои идоракунии интеллектуалии техникаи ҳарбӣ ва суперкомпьютерҳо анҷом ёфт.

Қоркарди электрохимиявии нимноқилҳои III–V дар маҳлулҳои электролитҳои турш боиси пайдоиши қабатҳои ковокӣ, наносохторҳои рӯилавҳавӣ ва бо ташаккули нанокристаллҳо, наносӯзанҳо, наносимҳо ва ғайра мегардад [3, с. 169]. Дар баробари ин, реаксияҳои электрохимиявии ғайримуқаррарӣ аксар вақт дар сарҳади электролит ва нимноқил такшиншавии маҳсулоти ҳалшаванда дар сатҳи нимноқил ба амал оварда метавонанд [4, с. 496]. Ин метавонад ба ташаккули тасмаҳои зич ё афзоиши кристаллҳои наносохтор оварда расонад [5, с. 688]. Ин таъсирот тавачҷуҳи бисёре аз муҳаққиқонро ба худ ҷалб карда, онҳоро водор сохт, ки таркибҳои гуногуни электролитҳоро барои равандҳои таҳшиншавии электрохимиявии назоратшаванда омӯзанд [6, с. 22].

Дар рушди истеҳсоли ҷаҳонии монокристаллҳои GaAs аз солҳои 1960 то имрӯз ду давраро ҷудо кардан мумкин аст. Рушди бозори дастгоҳи GaAs дар солҳои 1990–2016 ва ояндабинии то 2021 дар расми 1 нишон дода шудааст. Яқум давраи саноатии ҳарбӣ (аз оғози рушди оммавӣ дар миёнаҳои солҳои 1960 то охири Ҷанги сард дар охири солҳои 1980 ва аввали солҳои 1990) мебошад, ки қувваи асосии пешбарандаи рушди технологӣ эҳтиёҷоти истеҳсолкунандагони таҷҳизоти ҳарбӣ буд. Дар миёнаи солҳои 1980-ум, зиёда аз 90% истеҳсоли GaAs дар ҷаҳон дар техникаи ҳарбӣ истифода мешуд.

Дар ин давра талаботҳо нисбат ба монокристалли арсениди галлий муайян карда шуданд, технологияҳои асосии истеҳсоли монокристаллҳо интихоб ва азхуд карда шуданд, инфрасохтори тараққикардаи саноатӣ барои истедсоли оммавӣ ба вуҷуд оварда шуд.



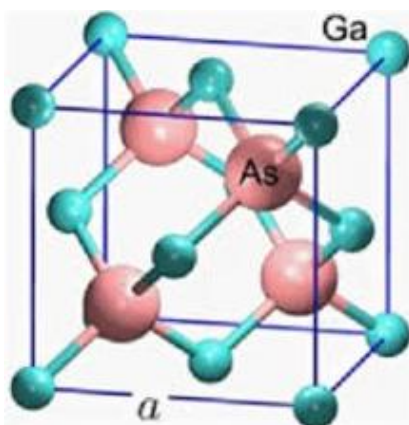
*Расми 1. Рушди бозори дастгоҳи GaAs дар солҳои 1990–2016 (миллиард доллар) ва пешгӯӣ барои соли 2021. Сарчашма: Барномаҳои пешрафтаи нимноқилҳои Strategy Analytics. 2017*

Давраи дуҷуми тараққиёт—давраи граждани (аз аввали солҳои 90-ум то имруз) бо бартарии монокристалҳои арсениди галлий дар маҳсулоти граждани хос аст. Аввалин барномаи васеъ паҳншудаи телефони мобилӣ буд: ҳам пойгоҳи асосӣ ва ҳам телефонҳои мобилӣ микросхемаҳои интегралӣ GaAs-ро истифода мебаранд. Ин ба тараққиёти саноат такони калон бахшид. Дар айнаи замон, танҳо 6-8% тамоми арсениди галлий, ки дар саросари ҷаҳон истеҳсол мешавад, дар саноати муҳофизат истифода карда мешавад.

Лавҳаҳои монокристаллии арсениди галлий (GaAs) дар намудҳои гуногуни ноқилӣ сохта мешаванд: нимноқилҳои навъи n (бо зиёдатии электронҳо) ва навъи p (бо сӯрохиҳои зиёдатӣ). Инчунин GaAs-ҳои дохилӣ (ғайримоддӣ) мавҷуданд, ки гузаронандагӣ онҳо асосан бо концентратсияи интиқолдиҳандаи зарядҳои дохилӣ муайян карда мешавад. Барои сохтани дастгоҳҳои электронӣ, онҳо бо элементҳои гуногун ҷавҳаронида карда мешаванд: Si (кремний) ё Te (теллур) барои навъи n ва Be (бериллий) ё Zn (цинк) барои навъи p.

Синтези арсениди галлий (GaAs) стехиометрияи дақиқро талаб мекунад, яъне як атоми галлий ба як атоми арсенид барои тавлиди пайвастагии кристаллӣ рост меояд. Ин тавассути назорати дақиқи таносуби элементҳои ибтидоӣ дар усулҳои гуногуни истеҳсолот, ба монанди усули яхкунии амудии градиентӣ ба даст оварда мешавад. Дар пайвастагии стехиометрии GaAs таносуби галлий (Ga) ба мышьяк (As) 1:1 аст.

Сохторро панҷараи кристаллии дар ҳолати GaAs метавон ҳамчун торҳои ба ҳам мутамаркази рӯбарӯи атомҳои Ga ва As, ки нисбат ба ҳамдигар ба чоряки диагонали асосӣ иваз шудаанд, муаррифӣ карда мешавад (расми 2).



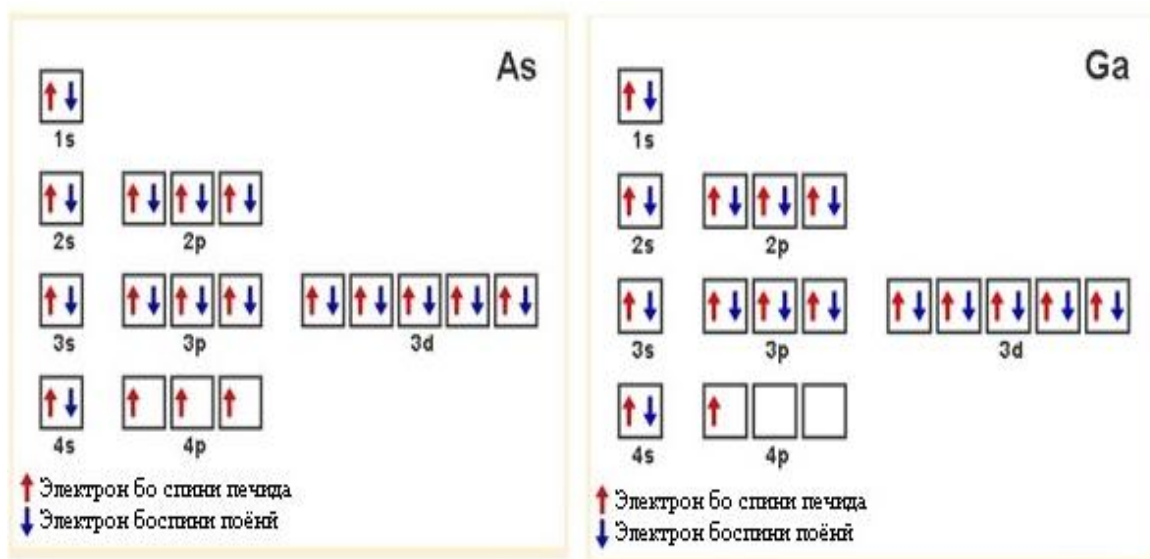
**Расми 2.** Сохтори панҷараи кристаллии GaAs

Панҷараи кристаллии GaAs дорои сохтори мукааби навъи рух (сфалерит) мебошад, ки аз ду зерпанҷараи кубии ба рӯи рӯй марказонидашуда аз ҳамдигар бо нисфи диагонали куб ҷуброн мешаванд. Ин сохтор ба гурӯҳи симметрияи фазой  $T_d^2-F43m$ . мувофиқат мекунад.

Конфигуратсияи умумии электрони атоми арсениди галлий (GaAs) иттиҳоди конфигуратсияҳои элементҳои алоҳида мебошад. Gallium (Ga) дорои конфигуратсияи электрони  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$  ё мухтасар  $[Ar] 3d^{10} 4s^2 4p^1$  мебошад. Арсеник (As), ки рақами атомии 33 дорад, конфигуратсияи умумии электрони зерин дорад:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$  ё ихтисоршуда  $[Ar] 3d^{10} 4s^2 4p^3$ . Дар арсениди галлий пайвандҳои ковалентӣ ба вуҷуд меоянд, бинобар ин конфигуратсияи атомҳои алоҳида тағир намеёбад.

Тарзи ҷойгиршавии электронҳои атомҳои арсеник ва галлий дар расми 3. оварда шудааст.

Сохтори электрони монокристалли GaAs аз бандҳои такроршавандаи валентӣ ва ноқилӣ иборат аст, ки бо фосилаи банд тақрибан 1,42 эВ дар ҳарорати ҳонагӣ ҷудо шудаанд ва онро нимноқили мустақим месозад. Банди валентӣ асосан аз ҳисоби электронҳои 4s ва 4p арсеник, дар ҳоле ки банди ноқилӣ аз 4s электронҳои галлий ва 4p электронҳои арсеник ба вуҷуд меоянд.



**Расми 3.** Конфигурацияи умумии электронии атомҳои алоҳидаи арсений ва галий

Наноструктураи GaAs дар бисёр таҷҳизотҳо, аз ҷумла дастгоҳҳои оптоэлектронӣ [7, с. 186], ҳуҷайраҳои офтобӣ, диодҳои рӯшноӣ (LED), транзисторҳои сахрои туннел (TFETs) [12], дастгоҳҳои термоэлектрикӣ ва биосенсорҳо бештар истифода мешаванд. Усулҳои аз боло ба поён ва аз поён ба боло ду равишест, ки барои тайёр кардани наноструктураи GaAs тавассути усулҳои гуногуни физикӣ [8, с.720, 9, с.51], кимиёвӣ [10] ва электрохимиявӣ [18] истифода мешаванд. Наноструктураи GaAs-ро дар шаклҳои гуногун, аз ҷумла ҷоҳҳои квантӣ, нуқтаҳои квантӣ (QDs), молекулаҳои нуқтаҳои квантӣ, ҳалқаҳои квантӣ (QRs), нанодискҳо, наносимҳо омода кардан мумкин мебошад. Наносохторҳои ба таври электрохимиявӣ ташаккулёфтаи ковокидори GaAs махсусан барои бисёр таҷҳизотҳо аз сабаби хосиятҳои беназири наномикроскопи худ ва таносуби баланди сатҳ ба ҳаҷм, ҷолибанд.

GaAs ковокидор ҳамчун лавҳаи потенциалӣ барои ба вуҷуд овардани дислокасияҳои паст ва фишорҳо дар қабати эпитаксиалии сабзондашуда муайян карда шудааст. Ба даст овардани GaAs ковокидор бо сохтори хуби муайяншуда ва зичии баланди тақсимои ковокиҳо ҳеле душвор аст. Бо вуҷуди ин, ба туфайли пешрафти босуръати технологияи истеҳсоли, имкон дорад, ки сохтори баландсифати GaAs-ро бо роҳи соддатар ва арзонтар ба даст оранд. Яке аз роҳҳои имконпазир ин истифода бурдани усулҳои электрохимиявӣ бо маҳлули мувофиқи электролитҳо мебошад. То ба ҳол, кислотаи гидрохлорид (HCl) ва кислотаи гидрофторӣ (HF) ҳамчун кислота дар маҳлули омехта барои олудакунии лавҳаи GaAs истифода мешуданд.

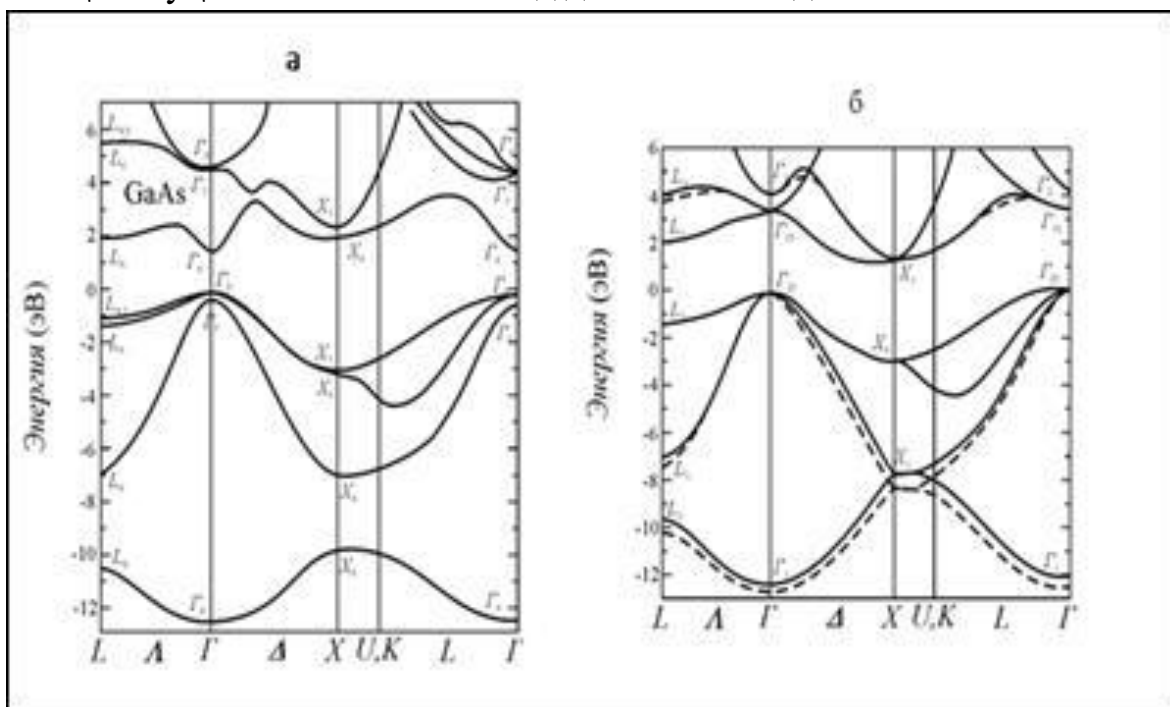
Афзалиятҳои GaAs ҳамчун маводи асосӣ барои дастгоҳҳои нимноқилӣ бо хусусиятҳои сохтории бандҳои энергетикӣ он муайян карда

мешаванд. Дар расми 4 диаграммаҳои бандҳои GaAs ва Si нишон дода шудаанд. Диаграммаи банд бо усули анъанавӣ сохта шудааст. Меҳвари абсисса қиматҳои вектории мавҷоро барои чанд самт дар минтақаи Бриллюин ва меҳвари ордината энергияи ҳолати электрониро нишон медиҳад.

Тафовути ҷиддии байни GaAs ва Si дар табиати вобастагии энергияи банди гузаранда аз вектори мавҷ вобаста аст. Аз сабаби фосилаи калонтари банд, концентратсияи дохилии электронҳо ва сӯрохиҳо дар GaAs нисбат ба Si пасттар аст ва ба GaAs имкон медиҳад, ки муқовимати хеле баланд дошта бошанд. Ин имкон медиҳад, ки ин мавод дар нақшаҳои интегралӣ, ки барои кор дар рахи дарозии мавҷҳои сантиметр ва миллиметр ва барои изолятсияи конструкцияҳои нақшаҳои интегралӣ рақамӣ пешбинӣ шудаанд, ҳамчун диэлектрик истифода бурда шавад.

Фосилаи калонтари банд инчунин имкон медиҳад, ки дастгоҳҳо эҷод кунем, ки дар ҳарорати баландтар аз кремний кор мекунад.

Хусусияти асосии ин мавод ҳаракатнокии баланди электрони он (шаш маротиба бештар аз кремний) дар майдонҳои барқии камшидат мебошад, ки эҳтимолан имкон медиҳад, ки дастгоҳҳои микромавҷӣ бо сохтори беҳтаршуда эҷод карда шаванд. Муддати кӯтоҳи интиқолдиҳандаҳои асосӣ ва фосилаи калонтар аз кремний GaAs-ро барои эҷоди дастгоҳҳои ба радиатсионӣ тобовар ва микросхемаҳои интегралӣ (ICs) маводи умедбахш табдил медиҳанд. Лавҳаи GaAs метавонанд қиматҳои муқовимати хеле баланд дошта бошанд.



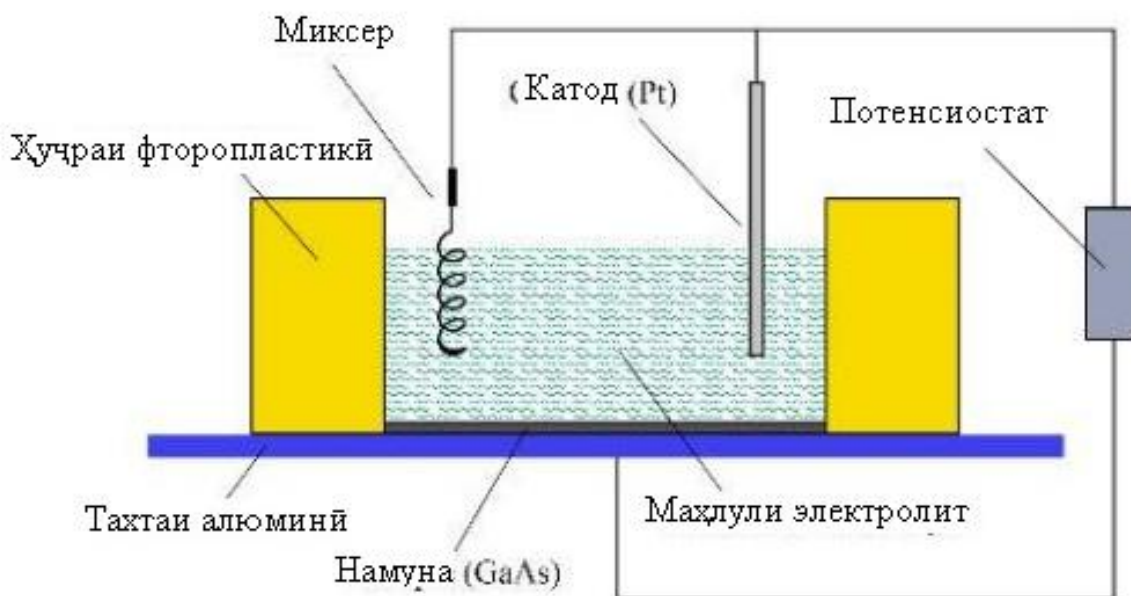
Расми 4. Диаграммаҳои банд: а) GaAs, б) Si.

Барои сохтани гетероструктураҳои III-V дар славҳаҳои GaAs барои дастгоҳҳои баландсифат усулҳои мураккаби афзоиши қабати эпитаксиалӣ таҳия карда мешаванд. Хусусиятҳои оптикӣ чунин гетероструктураҳо потенциали эҷоди ҷузъҳои рақамӣ, печи ва оптикӣ дастгоҳро дар як кристалл GaAs пешниҳод мекунанд.

Қабатҳои ковокии арсениди галлий бо усули олудакунии электрокیمیёвӣ дар маҳлули кислотаи гидрохлорид ба вуҷуд оварда мешаванд. Барои коркарди электрохимиявӣ кристаллҳо дастгоҳи махсус тайёр карда мешавад, ки дар расми 5 нишон дода шудааст.

Дастгоҳ аз ҳуҷраи фторопластик сохта мешавад, ки ба таъсири маҳлули электролитӣ тобовар мебошад. Ба сифати маҳлулҳои электролитӣ кислотаҳои HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl ва дигарҳо истифода мебаранд. Барои ҳосил кардани наносохторҳо дар сатҳи лавҳаи GaAs ба маҳлул Au, Ag, Cu ва дигар намуди металлҳо илова карда мешаванд.

Ҳуҷайраи дастгоҳи электрокیمیёвӣ таркиби се электрод дошт, ки аз электроди платина (Pt), электроди ёрирасони тахтаи алюминӣ ва лавҳаи нимноқили GaAs иборат аст. Миксер барои омехта кардани маҳлул ва дар гирди лавҳа якхела нигоҳ доштани ҳарорати электролит хизмат менамояд.



**Расми 5.** Сохтори дастгоҳ барои олудакунии электрохимиявӣ лавҳаи арсенид галлий

Маҷмуаи калони корҳое, ки ба ҳосил намудан ва омехтани хосиятҳои кремнийи ковокидор бахшида шудаанд, бо кашфи имконияти табдил

додани хосиятҳои физикию химиявии моддаи ибтидоӣ (кремний) бо усули нисбатан содда, яъне олудакунии аноди оғоз ёфтанд. Васеъ намудани доираи ин усул ба дигар масолеҳи нимноқилӣ, махсусан арсениди галлий, маводи асосии электроникаи нимноқилҳо, хеле умедбахш ба назар мерасад. Дар сурати муваффақ шудан, ин раҳи спектралӣ люминессенти электрониро васеъ мекунад ва имкон медиҳад, ки навҳои гуногуни диодҳои равшандиҳанда ва лазерҳо эҷод карда шаванд. Ғайр аз он, бо истифода аз арсениди галлийи ковокидор (*np*-GaAs) ҳамчун қабати мобайнӣ, навҳои гуногуни гетерогузаришҳо ба даст овардан мумкин аст. Кӯшишҳо дар ин самт нишон доданд, ки ин мушкилотро бомуваффақият ҳал кардан мумкин аст. Муқоисаи хосиятҳои сохторҳои ковокидор, ки аз маводи дорои хосиятҳои физикӣ-химиявии гуногун, ба монанди кремний ва арсениди галлий сохта шудаанд, таваҷҷӯҳи махсус зоҳир карда мешавад.

Сатҳи воқеии кристалл аз ҷиҳати энергетикӣ якранг нест. Аз ин рӯ, раванди олудакунии аноди ба суръати гуногуни олудакунии вобаста аз зичии нуқтаҳои нуқсонӣ рӯи кристалл натиҷа медиҳад. Азбаски олудакунии аноди аз нуқсонҳои сохтори кристалл, ба монанди нуқтаҳои холигӣ ҳассос аст, онро ҳамчун сохтори ҳассоснок меноманд. Ҷойи нуқсонҳо тезтар олуда мешаванд, аз ин рӯ, дар натиҷаи таъсири моддаи олудакунанда дар сатҳи кристалл дар мантиқаи нуқсонҳо чоҳҳои олудашуда, яъне ковокиҳо пайдо мешаванд. Барои ҳисоб кардани зичии ковокиҳо микроскопияи электронӣ ва усулҳои дифраксияи рентгениро истифода бурдан мумкин аст ва шакли ковокиҳоро барои ба осонӣ муайян кардани самти сатҳ истифода бурдан мумкин аст. Зичии дислокатсия бо истифода аз равиши олудакунии интиҳобӣ ҳисоб карда мешавад. Таркиби омехтаи маҳлули олудакунандаи интиҳобӣ барои маводи GaAs(100) чунин интиҳоб кардан зарур аст: HF – 10 мл, H<sub>2</sub> – 20 мл, CrO<sub>3</sub> – 10 г, AgNO<sub>3</sub> – 80 мг. Намунаҳо дар маҳлули ҳосилшуда дар ҳарорати 65°C барои 2 дақиқа ғўтонда мешаванд. Дар натиҷа ковокиҳои ҳосилшуда бо истифода аз микроскопи оптикӣ металлографӣ тасвир карда мешаванд.

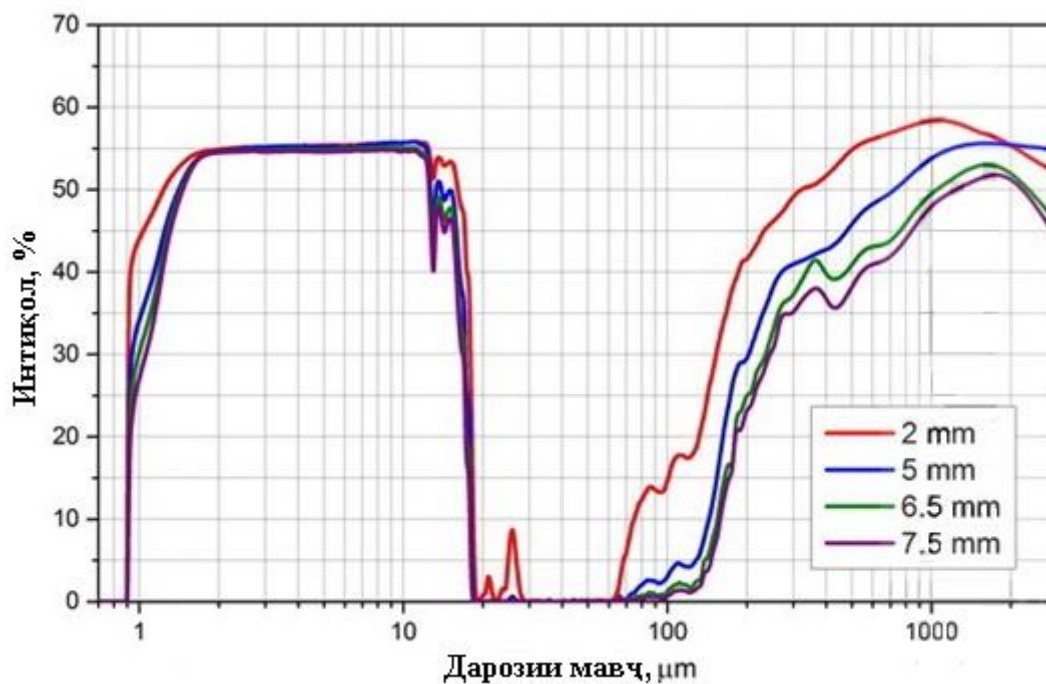
Аксар вақт кристаллҳои арсениди галлий бо ворид кардани маводҳои ҷавҳарикунанда истифода мешаванд. Ин маводҳо ҳангоми ворид шудан ба торҳои кристаллӣ метавонанд ҷойҳои ҳам галлий ва ҳам мишякро ишғол намуда, маҳлулҳои ивазкунандаро ташкил кунанд. Онҳо инчунин метавонанд ба панҷара ҷуфт-ҷуфт ворид карда шаванд, то ки атомҳои мухталифи ҳамсоҷро иваз кунанд ё ба нуқтаҳои байнигиреҳҳои фосилавӣ дохил шаванд. Хусусиятҳои кристаллҳои ҷавҳаронидашуда аз таъсири мутақобилаи иловаҳо бо нуқсонҳои хоси кристалл вобаста аст. Барои

истеҳсоли лазерҳои инъексионӣ, диодҳои равшандиҳанда, фотокатодҳо ва генераторҳои микромаҷъ, кристаллҳо бо кремний саҳт омехта карда мешаванд. GaAs-и тозаӣ бе ҷавҳариронидашудаӣ нимизолятсия асосан дар микроэлектроника ва оптика истифода мешавад.

Барои лазерҳои камқуввати CO<sub>2</sub> бо дарозии мавҷашон 9,6-10,6 микрон, арсениди галлий рақобатпазир ба селениди руҳ аст ва метавонад барои сохтани линзаҳои нур тақсимкунандагон истифода шавад. Инчунин, аз сабаби хосиятҳои ғайрихаттӣ, кристаллҳои арсениди галлий метавонанд дар фотоникаи терагерц барои тавлиди радиатсияи THz истифода шаванд.

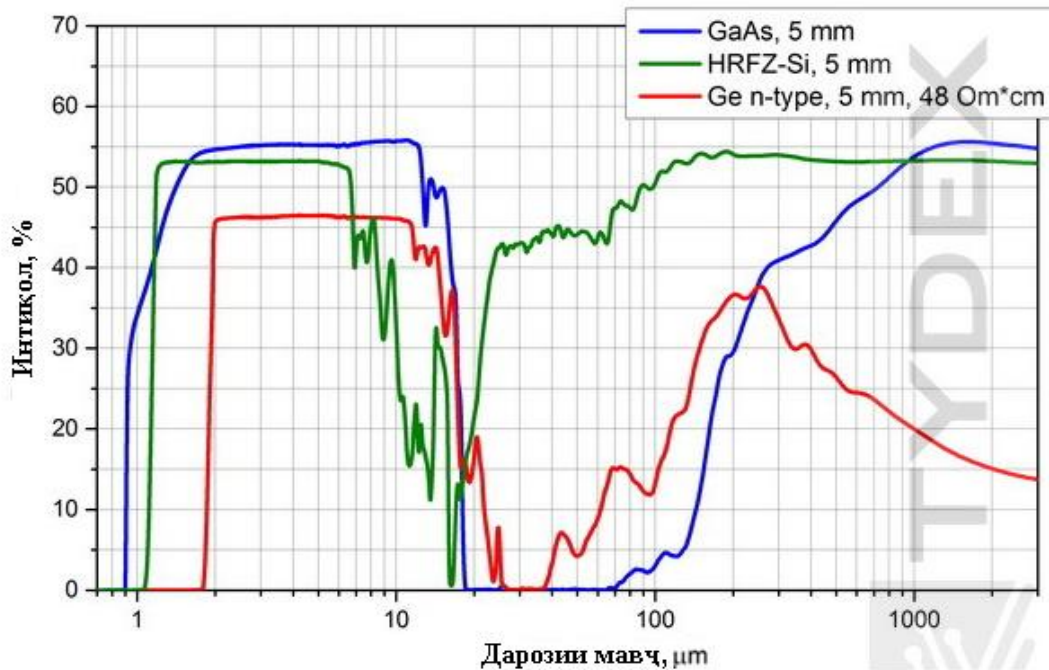
GaAs-и нимизолятсияи бефосила интиқоли хубро дар раҳи миёнаи инфрасурх дар дарозии мавҷҳо аз 1 то 15 мкм, инчунин дар раҳи басомади терагерс ( $\lambda = 100-3000$  мкм) нишон медиҳад.

Баъзан, масалан, дар раҳҳои лазерӣ, тиравзанаҳои арсениди галлий дар дарозии мавҷҳои 1,064 ва 1,55 микрон истифода мешаванд. Дар чунин ҳолатҳо, баландтарин интиқоли имконпазирӣ равзана дар раҳи 1 то 2 микрон талаб карда мешавад, ки барои ғафсии додаи равзана танҳо бо технологияи афзоиши кристалл муайян карда мешавад. Аз ин ру кристаллҳои арсениди галлиумро бо интиқоли баландтарин дар ин диапазон истифода мебаранд. Коэффисиентҳои азхудкунӣ ва спектрҳои муфассали интиқол барои ин раҳ мувофиқи дархост кардан имконпазир мебошад.



**Расми 6.** Спектрҳои интиқоли арсениди галлий бо ғафсӣ 2,0, 5,0, 6,5 ва 7,5 мм

Инчунин бояд қайд кард, ки спектри ҳамвор дар расми 6 дар диапазони 0,9-2,5 микрон арсениди галлийро аз германий ва кремний фарқ мекунад (ниг. расми 7) ва аз ангеизиши ифлосиҳои амиқ иборат аст, ки ҳамеша дар кристалл GaAs ҳангоми афзоиш ва мӯътадил шудан ба ҳолати нимсулнитатсия ба вуҷуд меоянд.



**Расми 7.** Спектрҳои интиқоли арсениди галлий, кремний ва германий

Дар кристаллҳои арсениди галлий эффекти хаттии электро-оптикӣ (эффекти Поделс) низ ба вуҷуд омада метавонад, ки ин тағйирёбии нишондиҳандаи шикастан зери таъсири майдони электрии беруна мебошад. Ҳангоми ба кор андохтани майдони электрии беруна, кристалл аз ҷиҳати оптикӣ анизотропӣ мешавад, ки он ҳамчун тағйирёбии шикастани мавҷи рӯшноӣ, ки ба майдони электрии беруна параллелӣ поляризида шудааст, зоҳир мешавад.

### Хулоса

Морфологияи беназири ин наномоводҳо имкониятҳои умедбахшро барои ҳуҷайраҳои офтобӣ пешниҳод мекунад, зеро онҳо майдони васеъро барои азхудкунии рӯшноӣ таъмин мекунанд ва талафоти энергияро аз ҳисоби рекомбинатсияи рӯйсатҳӣ кам мекунанд. Ғайр аз он, аз сабаби осонии ташаккули онҳо бо истифода аз усулҳои миқёспазир, аз қабيلي олудакунии электрохимиявӣ, онҳо метавонанд ба баланд бардоштани самаранокии хароҷот дар истеҳсоли ҳуҷайраҳои офтобӣ мусоидат кунанд.

Раванди олудакунии электрохимиявӣ хусусияти хоси худро дорад, ки бо ҳарорати паст, осеби ҳадди ақали сатҳ, содагӣ ва арзиши паст тавсиф

мешавад. Усулҳои электрохимиявӣ имкон медиҳанд, ки зичии баланди сӯрохиҳо ба даст оварда шавад, ки бо истифода аз дигар усулҳо ба даст овардан ғайриимкон аст.

Худташкили ташаккули наносохторҳо раванди мураккабест, ки аз омилҳои зиёд вобаста аст, аз ин рӯ муайян кардани шароити оптималӣ барои истеҳсоли лавҳаҳои ковокидор баландсифат ҷолиби таваҷҷӯҳ аст.

Хулоса, кори дар пеш истода бораи таҳкурсии электрохимиявӣ ҳамчун воситаи фасеҳ ва камхарҷ барои истеҳсоли доираи васеи маводи дученака фаҳмиш медиҳад. Тадқиқоти оянда бояд ба механизмҳои афзоиши наноковокиҳо, наносохторҳо дар сатҳи лавҳаи GaAs, дар вақти олудакунии электрохимиявӣ ва омӯзиши муфассали хосиятҳои оптикӣ аз пайваस्ताгиҳои ҳосилшуда равона карда шавад. Натиҷаҳои мо барои оптимизатсияи шароити афзоиш ва назорати морфологияи наносохторҳо замина гузошта, ба беҳтар шудани хосиятҳо ва татбиқи амалӣ дар ҳуҷайраҳои офтобӣ мусоидат мекунанд.

#### Адабиёт:

1. *Langa, S. Uniform and Nonuniform Nucleation of Pores during the Anodization of Si, Ge, and III-V Semiconductors [Text] / S. Langa, J. Carstensen, M. Christophersen, K. Steen, S. Frey, I. M. Tiginyanu, H. Föll // Journal of The Electrochemical Society. – 2005. – Vol. 152, Issue 8. – P. C525. doi: 10.1149/1.1940847*
2. *Naddaf, M. Nanostructuring-induced modification of optical properties of p-GaAs (100) [Text] / M. Naddaf, S. Saloum // Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. – 2009. – Vol. 41, Issue 10. – P. 1784–1788. doi: 10.1016/j.physe.2009.06.086*
3. *Ко Ф. К., Кузнецов В., Флахо Э., Пейни А., Лоран К., Принц В. Я., Мани К., Сункара М. К., Болдуин Р. П., Капелли Э. и др. Формирование нановолокон и производство нанотрубок // Наноинженерные нановолокнистые материалы / под ред. С. Гучери, Ю. Гогоци, В. Кузнецова. – Дордрехт: Springer, 2004. – (Серия 169 «Наука НАТО»).*
4. *Шетти Н. П., Малоде С. Дж., Наяк Д. С., Багихалли Г. Б., Каланур С. С., Маллади Р. С., Редди С. В., Аминабхави Т. М., Редди К. Р. Изготовление сенсора, модифицированного наночастицами ZnO, для электрохимического окисления метдилазина // Applied Surface Science. – 2019. – Vol. 496. – Art. 143656.*
5. *Бискверт Дж., Фабрегат-Сантьяго Ф., Мора-Серо И., Гарсия-Бельмонте Г., Бареа Э. М., Паломарес Э. Обзор последних результатов электрохимического определения плотности*

электронных состояний наноструктурированных полупроводников на основе оксидов металлов и органических проводников дырок // *Inorganica Chimica Acta*. – 2008. – Vol. 361. – P. 684–698.

6. Ислам С., Миа М., Шах С. С., Нахер С., Шейх М. Н., Азиз А., Ахмад А. Дж. С. Последние достижения в электрохимическом осаждении электродных материалов на основе металлов для электрохимических суперконденсаторов // *Chemical Record*. – 2022. – Vol. 22. – Art. e202200013.
7. Aberg I., Vescovi G., Asoli D., Naseem U., Gilboy J. P., Sundvall C., Dahlgren A., Svensson K. E., Anttu N., Björk M. T., Samuelson L. A GaAs nanowire array solar cell with 15.3% efficiency at 1 sun // *IEEE Journal of Photovoltaics*. – 2016. – Vol. 6. – P. 185–190.
8. Lee J. H., Wang Z. M., Abuwaar Z. Y., Salamo G. J. Design of nanostructure complexes by droplet epitaxy // *Crystal Growth & Design*. – 2009. – Vol. 9. – P. 715–721.
9. Dejarld MT, Shin JC, Chern W, Chanda D, Balasundaram K, Rogers JA, Li X (2011) Formation of high aspect ratio GaAs nanostructures with metal assisted chemical etching. *Nano Lett* 11:49–54.
10. Ritenour AJ, Levinrad S, Bradley C, Cramer RC, Boettcher SW (2013) Electrochemical nanostructuring of n-GaAs photoelectrodes. *ACS Nano* 7:6840–6849.
11. Naddaf M. and Saloum S. Nanostructuring-induced modification of optical properties of p-GaAs (1 0 0), *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*. (2009) **41**, no. 10, 1784– 788.

### **ТАҲЛИЛИ СОҲТОРҶО ВА ҲОСИЯТҶОИ ЛАВҶАИ МОНОКРИСТАЛЛИИ АРСЕНИДИ ГАЛЛИЙ БАРОИ БА ДАСТ ОВАРДАНИ НАНОСОҲТОРҶО ДАР САТҶИ ОН**

**Фшуурда.** Дар мақола сухан дар бораи рушди истеҳсоли ҷаҳонии монокристаллҳои GaAs, таҳлили сохтор, имкониятҳои ҳозираи истифодаи он барои сохтани асбобҳои нимноқилӣ меравад. Ду давраи рушди истеҳсоли ҷаҳонии монокристаллҳои GaAs аз солҳои 1960 то имрӯз ва ояндабинии то 2021 таҳлил карда мешавд. Аз рӯи сохтори панҷараи кристаллӣ ва ҷойгиршавии қабати электронии атомҳои галлий ва арсений шароитҳои ташаккули наносохторҳо дар сатҳи лавҳа таҳлил карда мешаванд. Нишон дода мешавад, ки яке аз усулҳои беҳтарини ташаккули наносохторҳо дар сатҳи лавҳаи GaAs ин усули олудакунии электрохимиявии анодӣ ба ҳисоб меравад. Наносохторҳои ба таври электрохимиявӣ ташаккулёфтаи ковокидори GaAs махсусан барои бисёр

таҷҳизотҳо аз сабаби хосиятҳои беназири наномиқёсии худ ва таносуби баланди сатҳ ба ҳаҷм доштанишон дар дастгоҳҳои оптоэлектронӣ, қолибанд. Ба ғари ин хусусиятҳои муқоисавии хосиятҳои GaAs ва Si оварда мешаванд, ки афзалиятҳои GaAs ҳамчун маводи асосӣ нисбат ба Si, барои дастгоҳҳои нимоқилӣ бо хусусиятҳои сохтории бандҳои энергетикӣ он муайян карда мешаванд, нишон дода шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** арсениди галлий, монокристалл, олудакунии электрохимиявӣ, панҷараи кристаллӣ, наносохторҳо.

### **АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНЫ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУР НА ЕЁ ПОВЕРХНОСТИ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются развитие мирового производства монокристаллов GaAs, анализ структуры и современные возможности его использования для изготовления полупроводниковых приборов. Проанализированы условия формирования наноструктур на поверхности пластины, исходя из строения кристаллической решетки и расположения электронных оболочек атомов галлия и мышьяка. Показано, что одним из оптимальных методов формирования наноструктур на поверхности пластины GaAs является метод анодного электрохимического осаждения. Приведены сравнительные характеристики свойств GaAs и Si, показывающие преимущества GaAs как базового материала перед Si для полупроводниковых приборов, определяемые особенностями структуры его энергетических зон.

**Ключевые слова:** арсенид галлия, монокристалл, электрохимическое осаждение, наноструктуры.

### **ANALYSIS OF THE STRUCTURES AND PROPERTIES OF A SINGLE-CRYSTAL GALLIUM ARSENIDE PLATE FOR OBTAINING NANOSTRUCTURES ON ITS SURFACE**

**Annotation.** The article discusses the development of global production of GaAs single crystals, analysis of the structure, and current possibilities of its use for the manufacture of semiconductor devices. The conditions for the formation of nanostructures on the surface of the plate are analyzed based on the structure of the crystal lattice and the location of the electron shell of gallium and arsenic atoms. It is shown that one of the best methods for the formation of nanostructures on the surface of a GaAs plate is the method of anodic electrochemical deposition. In addition, comparative characteristics of the properties of GaAs and Si are presented, which show the advantages of GaAs as a base material over Si for semiconductor devices, which are determined by the structural features of its energy bands.

**Keywords:** gallium arsenide, single crystal, electrochemical deposition, nanostructures.

**Маълумот оиди муаллифон:** Холиқов Некруз Файзуллоевич – PhD докторанти Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ. E-mail: [kholiqovdilovar95@gmail.com](mailto:kholiqovdilovar95@gmail.com). Тел.: +992100020292.

**Алидодов Тутишо Мералишоевич** – н.и.ф.-м., ходими пешбари Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ. E-mail: [t.alidodov@gmail.com](mailto:t.alidodov@gmail.com)

**Информация об авторах:** Холиков Некруз Файзуллоевич – PhD докторант, Институт физики и техники им. С.У.Умарова, НАНТ. E-mail: [kholiqovdilovar95@gmail.com](mailto:kholiqovdilovar95@gmail.com). Тел.: +992100020292.

**Алидодов Тутишо Мералишоевич** – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Института физики и техники им. С.У. Умарова, НАНТ. E-mail: [t.alidodov@gmail.com](mailto:t.alidodov@gmail.com)

**Information about the authors:** Kholikov Nekruz Fayzulloevich – PhD candidate at the Institute of Physics and Technology named after S.U. Umarov, NANT. E-mail: [kholiqovdilovar95@gmail.com](mailto:kholiqovdilovar95@gmail.com). Tel.: +992100020292.

**Alidodov Tutisho Meralishoevich** – PhD candidate, leading researcher at the Institute of Physics and Technology named after S.U. Umarov, NANT. E-mail: [t.alidodov@gmail.com](mailto:t.alidodov@gmail.com).

**Муқарриз:** Саломзода М.А. – н.и.т., мудири кафедраи физикаи назариявии ДДОТ ба номи С.Айнӣ

Мақола ба редакция ворид шуд: 03.03.2026

Аз тақриз баргашт: 12.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 04.04.2026

**УДК: 53:004.942:371.3**

## **ОЗМОИШГОҶИ ВИРТУАЛӢ. МОДЕЛИ КОМПЮТЕРИИ «АНДОЗАГИРИИ ҶИСМҶОИ АНДОЗААШОН ХУРД»**

**Нурализода Акмал Ғулом**

**Маркази технологияи информатсионӣ ва коммуникатсияи вилояти Хатлон**

Дар айни замон моделсозии компютерӣ дар илм ва тадқиқотҳои илми амалӣ яке аз усулҳои асосии азхудкунии дониш мебошад. Моделронии компютерӣ имкон медиҳад, ки масъалаҳои илмӣ ба пуррагӣ ҳалли ҳудро ёбанд.

Пешниҳоди иттилооти васеъ барои маҷмӯи объектҳои омӯзиши виртуалӣ дар муҳити омӯзиши виртуалӣ вазифаи таъхирнопазир аст, зеро иттилооте, ки нашрияҳои муосири таълимӣ пешниҳод мекунанд, барои омӯзиш нокифоя мебошанд. Чунин муҳит комилан имкон медиҳад, ки ҳар як хонанда чӣ таҳти роҳбарии омӯзгор ва ҳам мустақилона ҳодисаҳоро мушоҳида намояд, хусусиятҳои гуногуни мафҳуми омӯхташавандаро кашф намояд, моҳияти қонуни омӯхташавандаро дарк намояд [9. С.78].

Моделсозии компютерӣ ба пешрафти техникаи иттилоотии ҳисоббарор ба соҳаи мустақил ва муҳими барномаҳои иттилоотӣ табдил ёфтааст. Технологияи тадқиқотии мураккабе коркард шудааст, ки дар асоси модели компютерӣ объекти тадқиқшаванда истифода бурда мешавад. Муҳити атрофе, ки моро иҳота кардааст, хеле мураккаб ва гуногун аст [8. С.472].

Воситаҳои компютерӣ ҳамчун воситаи инноватсионии таълим, ҳамчун ёрдамчии нав дар раванди таълим барои хонандагон ва донишҷӯён хизмат мекунад. Ба роҳ мондани моделҳои компютерӣ дар раванди таълим як қатор бартарҳои назаррасро ба хонандагон пешниҳод мекунад:

- *васеъ кардани дастрасӣ ба таҳсил тавассути гуногунранг кардани шаклҳои азхудкунии дониши.*
- *таҳияи равиши фардӣ ба таълим, ки хусусиятҳои инфиродии хонандагонро ба назар мегирад.*
- *таъмини муҳити ягонаи иттилоотӣ ва таълимӣ, ки дастрасӣ ба захираҳо ва воситаҳои таълимиро таъмин мекунад.*
- *имконияти интихоби роҳи инфиродии таълим, ки ба рушди худмуайянкунии хонандагон мусоидат мекунад.*
- *ҳавасмандгардонии тадқиқоти мустақилона ва фаъолияти эҷодӣ дар хонандагон.*
- *автоматикунони равандҳои азхудкунии дониши ва арзёбии фаъолият [3. С.358].*

Инсоният дар рафти омӯзиш аз ҳама бештар ба объектҳои омехташаванда, хусусиятҳои муҳими он ва ба ҳодисаҳои баамаломата аҳмияти ҷиддӣ медиҳад. Барои нишон додани алоқамандии ҳодисаҳо ва омехтаҳои ҳодисаҳои табиӣ ва дигар ҳодисаҳои рӯйдиханда, мушоҳидачӣ дастгоҳҳои ченшавандаи дақиқро эҷод мекунад. Ҳамаи ин ба хонанда. барои фаҳмидани тамоми қонуниятҳо ва ҳодисаҳо, ки мавриди тадқиқот қарор гирифтаанд, ёрӣ мерасонад. Муҳимтарини онҳо мазмуни қонунҳои табиат мебошад [5. С.129].

Дар асоси қонунҳои асосии мавҷудбудаи физика ё маълум будани хосиятҳои физикию химиявии модаҳои омехташаванда, тадқиқотчӣ метавонад таҷрибаи ҳақиқиро гузаронад.

Моделҳои озмоишгоҳҳои компютерӣ, дастгоҳи таҷрибавии воқеиро ифода мекунанд. Аз тарафи дигар озмоишгоҳи виртуалӣ модели компютерӣ буда, на ҳама вақт хосиятҳои назарраси ҳодиса ё объекти омӯхташавандаро инъикос мекунад. Тавассути озмоишии виртуалӣ хонанда метавонад кори инфиродиро дар хона ё дар озмоишгоҳ анҷом диҳад [1. С.27].

Моделсозии компютерӣ имкон медиҳад, ки бе таҷҳизоти озмоишӣ кор карда. модели воқеии ҳодисаи физикиро аз нав созад. Барои мисол кори озмоишии виртуалиро вобаста ба қисми механика дар физика оид ба мавзӯи “Озмоишгоҳи виртуалӣ. Модели компютери “Андозагирии ҷисмҳои андозаашон хурд”” дида мебароем. Пеш аз он ки кори озмоишӣ иҷро карда шавад, донишҷӯ бояд бо назарияи кори озмоишӣ бо истифода аз адабиётҳои лозима шиносӣ пайдо кунад.

Назарияи кори озмоишӣ:

Физика, қадимтарин ва бузургтарин илмҳои табиат мебошад, ки инсонист тавасути он оламро идора мекунад. Физика илмест, ки хосиятҳои моддаро меомӯзад ва асосгузори тамоми илмҳои табиатшиносӣ мебошад. Омӯзиши физика ин омӯзиши Коинот мебошад. Дар ҷаҳони муосир аҳамияти фанни физика бениҳоят бузург аст. Омӯзиши фанни физика дар МТМУ ва дар вақти машғулиятҳои беруназсинфӣ имкон медиҳад, ки ба ҳодисаҳои механикӣ, ҳодисаҳои барқу садо шинос шавем [7. С.44].

Ҳодисаҳои механикиро омӯхта ба мо лозим меояд, ки тавассути асбобҳои андозагирӣ бисёр ченкунии бузургиҳои гуногуни физикиро анҷом диҳем.

Истифодаи техникаи ҳисоббарор барои баланд бардоштани самараи таълими физика имкониятҳои васеъ фароҳам меоварад. Барномаҳои интерактивӣ, таҷрибаҳои виртуалӣ ва корҳои озмоишӣ, инчунин дастрасӣ ба энциклопедияҳои электронӣ ба афзоиши ҳавасмандии донишҷӯён ва хонандагон ба омӯзиши фан мусоидат менамояд. Фанни физика ҳамчун илм ба ҷорӣ намудани технологияи муосири иттилоотӣ дар раванди таълим махсусан зарур мебошад [6, с.219].

Андозагириро анҷом дода мо натиҷаҳои гуногунро мегирем ва оиди ин натиҷаҳо ҳулосаи даркорӣ мебарорем. Илова бар ин, мо ба мафҳуми дақиқи андозагирӣ шинос мешавем. Ба мо донишҷӯ лозим аст, ки натиҷаи ченкунӣ ба дурустии асбоби ченкунӣ чӣ тавр вобаста аст ва ин масъаларо ба таври таҷрибавӣ омӯзем. Ҳолати мазкур аҳамияти мавзӯи интихобшударо муайян мекунад.

Моҳияти инноватсионии таълим ҳамчун ҷанбаи асосии фаъолияти таълимӣ мебошад, ки ба омодагӣ ба амалияи инноватсионӣ нигаронида шудааст ва бо бисёр омилҳо муайян карда мешавад, ки дар байни онҳо барномаҳои таълимӣ аҳамияти хоса доранд [10.С.301].

Дар асоси аҳамияти мавзӯъ, мақсади лоиҳа омӯхтани усулҳои ченкунии андозаҳои хаттии ҷисмҳои хурд бо истифода аз асбобҳои андозагирии виртуалии дақиқ, гуногун мебошад.

Пешрафти технологияҳои иттилоотӣ имкон медиҳад, ки хонандагон аз шарҳҳо ва усулҳои нави таълимӣ барои баланд бардоштани сифат ва аҳаммияти амалии барномаи таълимӣ дар раванди таълим истифода баранд. Ин шарҳҳо омӯзишии интерактивӣ (симуляторҳои виртуалӣ)-ро дар бар мегиранд. Истифодаи онҳо дар раванди таълим сифати таълимро тавассути имкон додани хонандагон барои ба даст овардани малакаҳои амалӣ дар соҳаи мушаххаси фаннӣ беҳтар мекунад.

Таҳқиқоти мазкур барои асоснок кардани интихоби моделҳои компютерӣ барои дарсҳои физика мебошад. Муайян кардан зарур аст, ки кадом ҳодисаҳои физикӣ бо моделҳои компютерӣ самараноктар тасвир карда мешаванд ва бо ин васила ба беҳтар шудани дарсҳои физика мусоидат мекунанд. Фарзияи ин тадқиқот аз он иборат аст, ки истифодаи моделҳои компютерӣ дар таълими физика омӯзиши донишҷӯёнро беҳтар мекунад [4.С.87].

Истифодаи озмоишгоҳи виртуалӣ имкон медиҳад, ки арзёбии автоматии дониши хонандагон анҷом дода шавад. Ҳолати мазкур бори гаронро ба муаллимон кам мекунад ва ба онҳо имкон медиҳад, ки ба маводи таълими диққат диҳанд, на ба санҷиши мунтазами дониши асосии хонандагон [2.С.143].

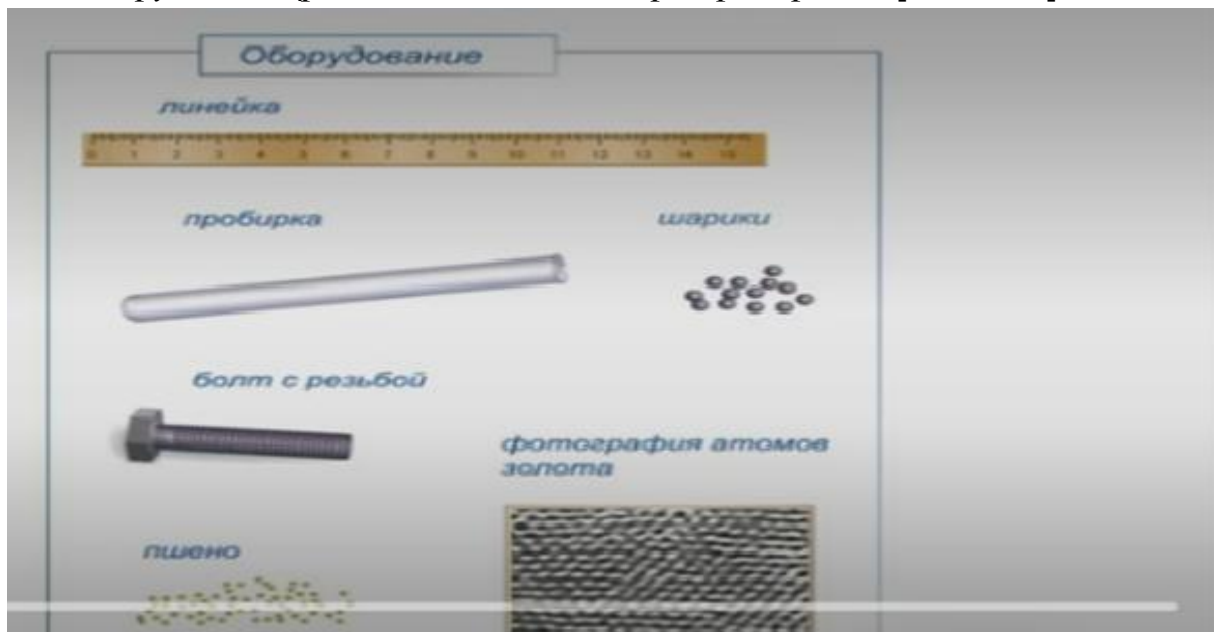
Татқиқоти илмӣ нишон медиҳад, ки дурустии ченкунии андозаи хаттии ҷисм ба дурустии асбоби ченкунӣ ва усули ченкунӣ вобаста аст.

Ченкунии ҷисмҳои андозаашон хурд.

Бояд қайд намуд, ки воҳидҳои дарозӣ барои чен кардани масофа ё дарозии ҷисмҳо истифода мешаванд. Воҳидҳои зиёди дарозӣ мавҷуданд ва интихоби воҳиди мушаххас аз системаи ченкунӣ вобаста аст. Дар ин ҷо баъзе воҳидҳои маъмули дарозӣ оварда шудаанд[12, С.87].:

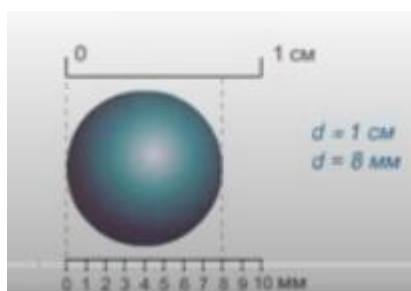
- *Метр (м): Метр воҳиди асосии дарозӣ дар Системаи Байналмилалӣ Воҳидҳо (СИ) мебошад. Он ҳамчун масофае, ки нур дар вакуум дар 1/299,792,458 сония тай мекунад, муайян карда мешавад.*
- *Километр (км): Як километр ба 1000 метр ё 0.621 мил баробар аст. Он барои чен кардани масофаҳои дур, ба монанди байни шаҳрҳо ё кишварҳо, васеъ истифода мешавад.*
- *Сантиметр (см): Як сантиметр ба садяки метр ё 0.01 метр баробар аст. Он аксар вақт барои чен кардани ашёҳои хурд ё дарозӣ истифода мешавад.*
- *Миллиметр (мм): Як миллиметр ба ҳазоряки метр ё 0.001 метр баробар аст. Он барои андозагириҳои хеле хурд ё андозагириҳои дақиқ истифода мешавад.*

- Фут (фут): Фут як воҳиди анъанавии дарозӣ аст, ки дар Иёлоти Муттаҳида ва баъзе кишварҳои дигар васеъ истифода мешавад. Як фут ба тақрибан 0.3048 метр баробар аст.
- Дюйм (дюйм): Дюйм инчунин як воҳиди анъанавии дарозӣ аст. Як дюйм ба 1/12 фут ё тақрибан 2.54 сантиметр баробар аст [11.С.156]:



- **Расми 1.** Равзанаи кори озмоишӣ. Асбобу анҷом
- Дар расми 1 равзанаи кори озмоишӣ виртуалӣ дар мавзӯи “андозагирии ҷисмҳои андозаашон хурд” оварда шудааст. Барномаи компютери тариқи худкор кор мекунад.
- Мақсад: омӯзиши тарзи муайян кардани ҷисмҳои андозаашон хурд бо истифода аз ченкунии оддӣ.
- Таҷҳизот: ҷадвал, саққоҳои пошибник, винт, донаҳои арзан, акси тилло дар микроскопи электронӣ.
- Андозаи дарозии буриши маъноӣ муайян кардани шумораи ҳадди ақали эталони дарозиро, ки буриши ченшавандаро пурра мекунад, дорад.
- Воҳиди дарозӣ: 1м, 1см, 1мм.
- Ҳангоми ченкунӣ, хатогиҳо пайдо мешаванд, ки одатан онҳоро хатогиҳои ченкунӣ меноманд.

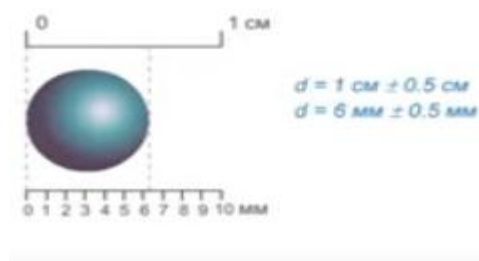
Намунаи вобастагии дақиқии ченкунӣ аз интихоби стандарти ченкунӣ:



**Расми 2.** Чен кардани дарозӣ тавассути ҷадвал

Ҳангоми чен кардани дарозӣ тавассути ҷадвал, хатогииченкунӣ ба нисфи ҳадди ақали тақсимот баробар аст.

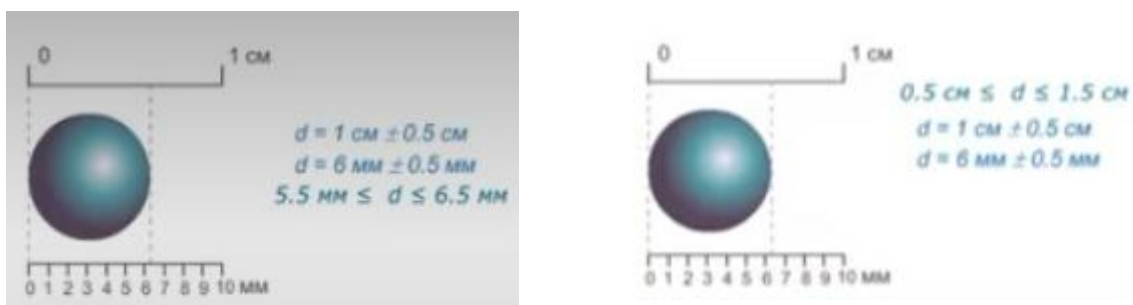
Барои мисол:



**Расми 3.** Чен кардани дарозӣ тавассути ҷадвал

Ҳангоми бевосита чен кардани андозаи ҷисмҳои хурд (ғафсии ришта, андозаи донаи арзан ё биринҷ ва ғайра) тавассути ҷадвали оддӣ бояд хатогии ченкунӣ ба натиҷаи ченкунӣ мувофиқ бошад. Натиҷаҳои чунин ченкунӣ нодуруст ҳисобида мешавад. Ҳангоми чен кардани дарозӣ тавассути ҷадвал, хатогӣ ба нисфи қимати тақсимот баробар аст.

Барои намуна: Усули муайян кардани андозаи ҷисмҳои хурдро пешниҳод мекунем, ки хатогиҳои хурдтаринро медиҳанд:



**Расми 4.** Усули муайян кардани андозаи ҷисмҳои хурд

Якчанд ашёҳои якхеларо дар паҳлӯи ҳамдигар дар як хат ҷойгир мекунем ва дарозии ин хатро чен мекунем. Сипас дарозии ченшударо ба шумораи ҷисмҳои дар сатр ҷойдошта тақсим мекунем. Бузургии ҳосилшуда андозаи миёнаи ҷисми хурдро ташкил медиҳад.

Тартиби иҷрои кор:

Супориши 1. Андозагирии диаметри саққо

1. Даруни минзурка(пробирка) 10-20 сақоро чойгир мекунем.
2. Тавассути ҷадвал дарозии қатор  $L$  – ро чен мекунем.
3. Қимати миёнаи диаметри як сақо  $d$  – ро чен мекунем.
4. Дарозии ҳади ақали ченкунии ҷадвалро доништа, хатогии ченкунӣ  $\Delta L$ - ро муайян мекунем.

Аз рӯи муодила дар бораи муайян кардани диаметри ҷисмҳои хурд бо истифода аз дарозии қаторҳо, мо диаметри як сақо  $d$ -ро муайян мекунем.

$$d = L / n = 35 \text{ мм} / 10 = 3,5 \text{ мм.}$$

Натиҷаи ҳосилшударо ба ҷадвал ворид мекунем

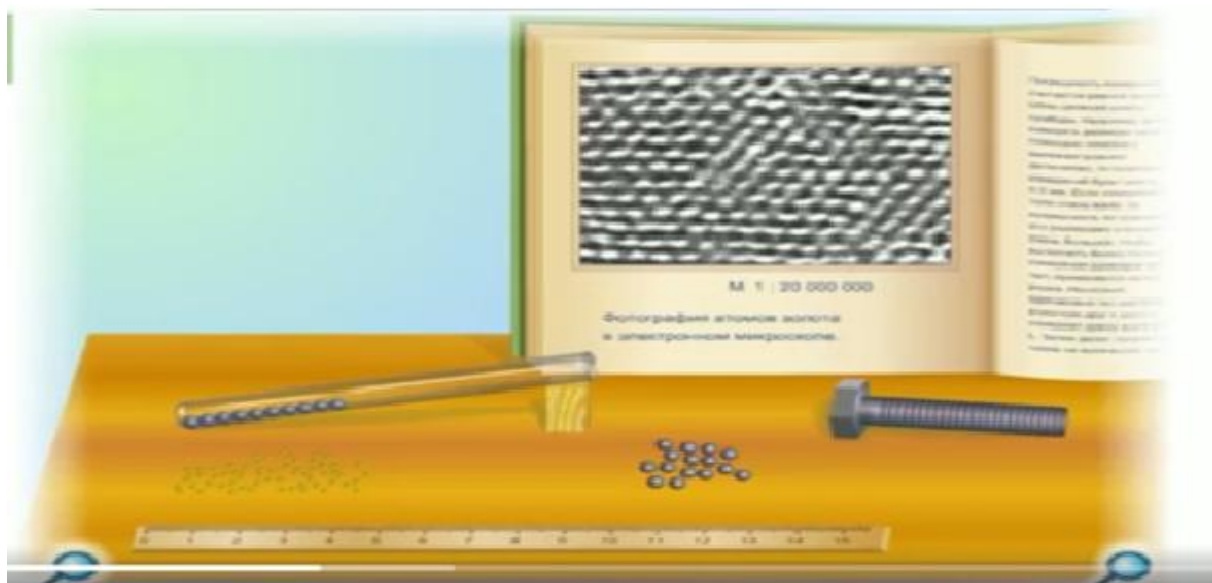
5. Хатогиро барои як сақо  $\Delta d$  ҳисоб мекунем

6. Натиҷаи ченкуниро ба ҷадвал ворид мекунем

$$\Delta d = \frac{\Delta L}{n} = \frac{0,5}{10} = 0,05$$

### Ҷадвали 1.

Ҷисмҳои майда	$n$	$L, \text{мм}$	$d, \text{мм}$	$\Delta L, \text{мм}$	$\Delta d = \frac{\Delta L}{n}, \text{мм}$
Сақо	10	35	3,5	0,5	0,05
Шаги резбаҳои болт					
Донаҳои арзан					



Расми 5. Равзанаи кори озмоиши чен кардани андозаи ҷисмҳои хурд

### Супориши 2. Ченкунии резбаҳои болт(винт)(мурват)

1. Дарозии тамоми қисми риштаи винти  $L$ -ро чен мекунем. Ин дарозӣ ба  $L = 38 \text{ мм}$  баробар аст
2. Миқдори гардиши риштаи винтро(мурват)  $n$ -ро ҳисоб мекунем. Ин миқдор ба  $n = 24$  баробар аст.
3. Қатори риштаи винтро(мурват)-ро ҳисоб мекунем  $d = 1,58 \text{ мм}$ .

Мувофиқи муодилаи муайян кардани диаметри ҷисмҳои хурд бо истифода аз қаторҳо, мо диаметри як донаи (риштаи) мурватро

$$d = L / n = 38 \text{ мм} / 24 = 1,58 \text{ мм}$$

ҳосил мекунем.

4. Натиҷаи ҳосилшударо ба ҷадвал ворид мекунем

5. Хатогии ченкунӣ  $\Delta L$ -ро ба ҷадвал ворид мекунем.

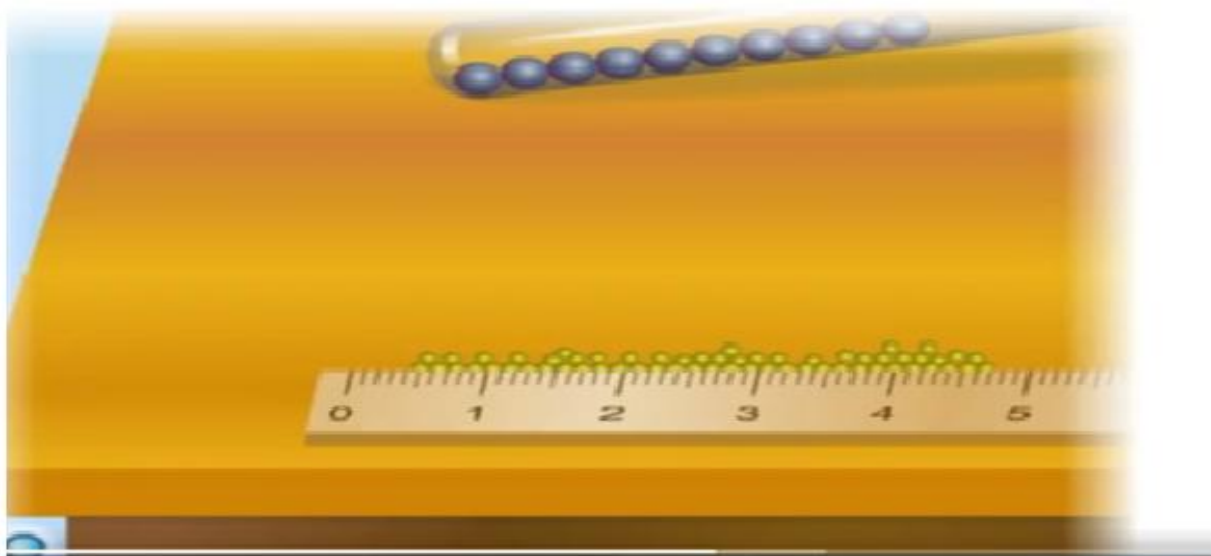
$$\Delta L = 0,5.$$

6. Хатогиро дар як гардиш  $\Delta d$  ҳисоб карда менависем.

$$\Delta d = \frac{\Delta L}{n} = \frac{0,5}{24} = 0,021.$$

### Ҷадвали 2.

Ҷисмҳои майда	$n$	$L, \text{мм}$	$d, \text{мм}$	$\Delta L, \text{мм}$	$\Delta d = \frac{\Delta L}{n}, \text{мм}$
Сақо	10	35	3,5	0,5	0,05
Шаги резбаҳои болт (мурват)	24	38	1,58	0,5	0,021
Донаҳои арзан					



**Расми 6.** Равзанаи кори озмоишии чен кардани андозаи ҷисмҳои хурд

Супориши 3. Андозагирии диаметри донаҳои арзан

1. Як каф арзанро ба ҷадвал (хаткашак) наздик мекунем.

2. Бо ҷадвал дарозии қатори донаҳои арзан  $L$ -ро чен мекунем.

Шумораи  $n$  донаҳои арзанро, ки дар қад-қади ҷадвал хобиданд, ҳисоб мекунем. Ин шумора ба  $n = 32$  баробар аст

4. Қимати миёнаи диаметри як донаи арзан  $d$ -ро муайян мекунем

$$d = \frac{L}{n} = \frac{43 \text{ мм}}{32} = 1,34 \text{ мм}$$

5. Натиҷаҳои ҳосилшударо дар ҷадвал менависем.

6. Хатои ченкуниро  $\Delta L$  –ро чунин муайян мекунем.

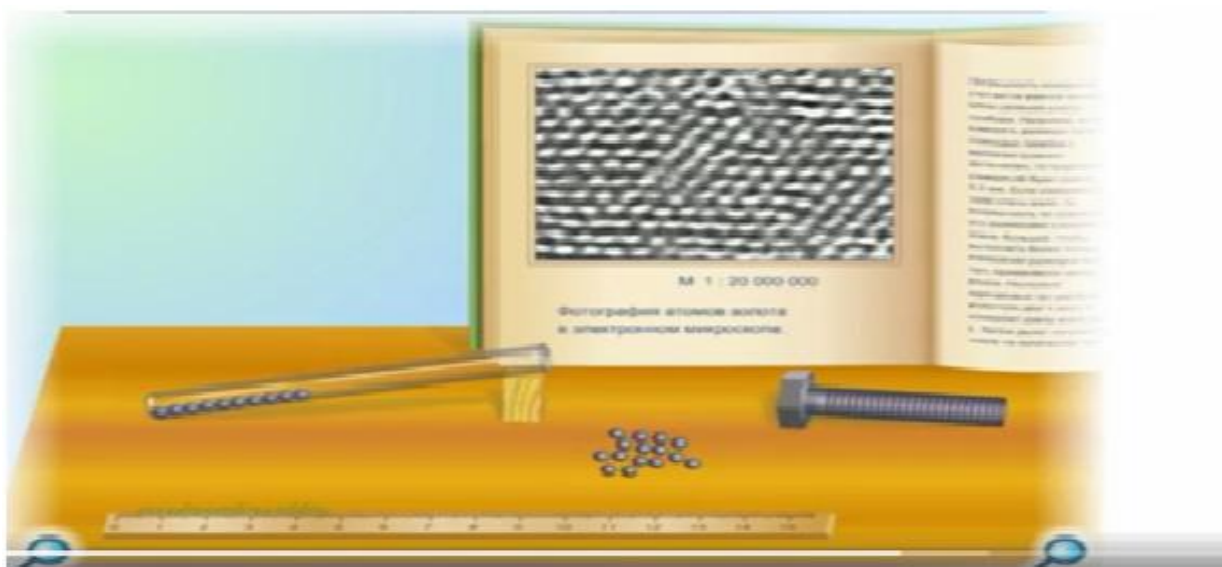
$$\Delta L = 0.5$$

7. Хатогиро барои як дона арзан  $\Delta d$ -ро чунин ҳисоб мекунем.

$$d = \frac{L}{n} = \frac{0.5}{32} = 0.016 \text{ мм.}$$

**Ҷадвали 3.**

Ҷисмҳои майда	$n$	$L, \text{мм}$	$d, \text{мм}$	$\Delta L, \text{мм}$	$\Delta d = \frac{\Delta L}{n}, \text{мм}$
Сақо	10	35	3,5	0,5	0,05
Шаги резбаҳои болт (мурват)	24	38	1,58	0,5	0,021
Донаҳои арзан	32	43	1,34	0,5	0,016



**Расми 7.** Равзанаи кори озмоишии чен кардани андозаи ҷисмҳои хурд

**Саволи 1.**

Агар шумо ба ҷои қоғази графикӣ ҷадвалеро, ки қимати тақсимолаш 0,5 см аст, истифода баред, хатогии андозагирии  $\Delta L$  чӣ гуна ва чанд маротиба тағйир меёбад?

Ҷавоб; 5 баробар меафзояд

**Саволи 2.**

Агар шумораи ашёҳо ду маротиба зиёд карда шавад,  $\Delta d$  чӣ гуна ва чанд маротиба тағйир меёбад?

Ҷавоб; 2 баробар кам мешавад.

Диаметри як атоми тиллоро бо усули қатор аз сурате, ки бо ёрии микроскопи электронӣ гирифта шудааст, муайян мекунем.

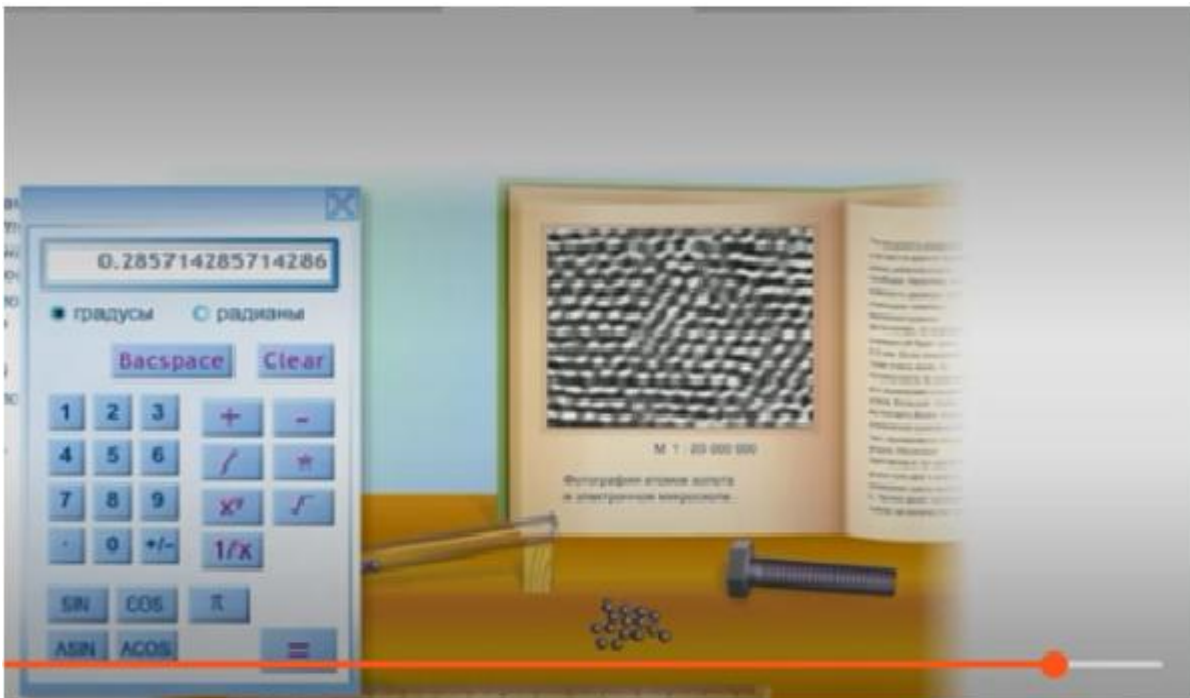
$$D = \frac{L}{n} = \frac{8}{14} = 0.57$$

Саволи 3;

Диаметри (бо нанометр) атоми тиллоро муайян кунед. Тасвири дар расм овардашуда бо микроскопи электронӣ гирифта шудааст ва ба андозаи 20 000 000 маротиба калон карда шудааст (1 сантиметр дар ин сурат ба 0,5 нанометр дар ҳақиқат рост меояд).

$$D = \frac{L}{n} = \frac{8}{14} = 0.57 \times 0.5 = 0.28 \text{ нм.}$$

Ҷавоб; 0,28нм



Расми 8. Равзанаи кори озмоишии чен кардани андозаи ҷисмҳои хурд

Ҷадвали 4. Чен кардани андозаи ҷисмҳои хурд

Ҷисмҳои майда	$n$	$L, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$\Delta L, \text{мм}$	$\Delta d = \frac{\Delta L}{n}, \text{мм}$
Сақо	10	35	3.5	0.5	0.05
Резбаҳои болт	24	38	1.58	0.5	0.021
Донаи гандум	32	43	1.34	0.5	0.016
Атоми тилло	14	8	0.57	0.5	0.035

Супориши 4. Хатогии  $\Delta L$ -ро бо хатои  $\Delta d$  муқоиса намуда хулоса мебарорем.

Хатогӣ дар як ҷисм дар як қатор камтар аз хатои инструменталӣ аст, яъне мо андозагирии дақиқтар кардем.

Бояд қайд намуд, ки андозагирии ҷисмҳои хурд имкон медиҳад натиҷаҳои гуногунро гирем ва оиди ин натиҷаҳо хулосаи даркорӣ барорем. Ҳангоми андозагирии ҷисмҳои андозаашон хурд, мо ба мафҳуми дақиқи андозагирӣ шинос мешавем. Ба мо доништан лозим аст, ки натиҷаи ченкунӣ ба дурустии асбоби ченкунӣ чӣ тавр вобаста аст ва ин масъаларо ба таври таҷрибавӣ омузем. Ҳолати мазкур аҳаммияти мавзӯи интихобшударо муайян мекунад.

### **ОЗМОИШГОҲИ ВИРТУАЛӢ. МОДЕЛИ КОМПЮТЕРИИ «АНДОЗАГИРИИ ҶИСМҲОИ АНДОЗААШОН ХУРД»**

**Фишурда.** Қайд кардан бамаврид аст, ки моделсозии компютерӣ дар илм ва тадқиқотҳои илми амалӣ яке аз усулҳои асосии азхудкунии дониш ҳисобида мешавад. Моделронии компютерӣ имкон медиҳад, ки масъалаҳои илмӣ ба пуррагӣ ҳалли худро ёбанд.

Дар асоси қонунҳои асосии мавҷудбудаи физика ё маълум будани хосиятҳои физикию химиявии модаҳои омехташаванда, тадқиқотчи метавонад таҷрибаи ҳақиқиро гузаронад.

Физика, қадимтарин ва бузургтарин илмҳои табиат мебошад, ки инсонист тавасути он оламо идора мекунад. Физика илмест, ки хосиятҳои моддаро меомӯзад ва асосгузори тамоми илмҳои табиатшиносӣ мебошад.

Ҳодисаҳои механикиро омехта ба мо лозим меояд, ки тавассути асбобҳои андозагирӣ бисёр ченкунии бузургиҳои гуногуни физикиро анҷом диҳем.

Андозагириро анҷом дода мо натиҷаҳои гуногунро мегирем ва оиди ин натиҷаҳо хулосаи даркорӣ мебарорем. Илова бар ин, мо ба мафҳуми дақиқи андозагирӣ шинос мешавем. Ба мо доништан лозим аст, ки натиҷаи ченкунӣ ба дурустии асбоби ченкунӣ чӣ тавр вобаста аст ва ин масъаларо ба таври таҷрибавӣ омузем. Ҳолати мазкур аҳаммияти мавзӯи интихобшударо муайян мекунад.

**Калидвожаҳо:** компютер, механика, саққо, донаи арзан, атомҳои тилло, ҷадвал, озмоишгоҳи виртуалӣ, дарозии қатор, винт.барнома ва ғайра.

### **ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ. КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ «ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕКТОВ МАЛОГО РАЗМЕРА»**

**Аннотация:** Стоит отметить, что компьютерное моделирование считается одним из основных методов получения знаний в науке и

прикладных научных исследованиях. Компьютерное моделирование позволяет комплексно решать научные задачи.

На основе существующих основных законов физики или знания физических и химических свойств изучаемых веществ исследователь может провести реальный эксперимент.

Физика – это одна из древнейших и величайших естественных наук, посредством которой человечество управляет миром. Физика изучает свойства материи и является основой всех естественных наук.

При изучении механических явлений нам приходится проводить многочисленные измерения различных физических величин с помощью измерительных приборов.

Проводя измерения, мы получаем различные результаты, которые позволяют сделать необходимые выводы. Кроме того, это способствует пониманию понятия точности измерений. Важно осознавать, насколько результат измерений зависит от точности используемого прибора, и изучить этот аспект экспериментальным путем. Эти обстоятельства подтверждают актуальность выбранной темы.

**Ключевые слова:** компьютер, механика, шары, зерна проса, атомы золота, линейка, виртуальная лаборатория, длина ряда, винт.программа и т.д.

### **VIRTUAL LABORATORY. COMPUTER MODEL «MEASURING SMALL-SIZED OBJECTS»**

*Annotation.* It is worth noting that computer modeling is considered one of the main methods of obtaining knowledge in science and applied scientific research. Computer modeling allows you to solve scientific problems in a comprehensive manner.

Based on the existing basic laws of physics or knowledge of the physical and chemical properties of the substances being studied, a researcher can conduct a real experiment.

Physics is one of the oldest and greatest natural sciences, through which humanity controls the world. Physics studies the properties of matter and is the basis of all natural sciences.

When studying mechanical phenomena, we have to carry out numerous measurements of various physical quantities using measuring instruments.

By carrying out measurements, we obtain various results that allow us to draw the necessary conclusions. In addition, this contributes to understanding the concept of measurement accuracy. It is important to realize how much the measurement result depends on the accuracy of the device used, and to study this aspect experimentally. These circumstances confirm the relevance of the chosen topic.

**Key words:** computer, mechanics, balls, millet grains, gold atoms, ruler, virtual laboratory, row length, screw program, etc.

### Адабиёт

1. *Дозоров В. А., Дозоров Е. В.* Виртуальный лабораторный практикум как одна из эффективных форм урока в инновационной школе: сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Организация до вузовской подготовки в условиях проведения Единого государственного экзамена». - Омск - 2012.- С. 27–31.
2. *Матлин, А. О., Фоменков, С. А.* Методика построения виртуальной лабораторной работы с помощью автоматизированной системы создания интерактивных тренажеров // Известия Волгоградского государственного технического университета. - 2012 - № 12 – С - 142–144.
3. *Нурализода А. Ғ., Валиев М.Х.* Нақши василаҳои рақамӣ дар таълими фанни физика. ПАЁМИ ДОНИШГОҲИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН 2025. – №11. С357.
4. *Нурализода А. Ғ., Олимӣ А.Р., Алимзода Н. О.* Таҳқиқоти ҳодисаҳои физикӣ тариқи моделронии компютерӣ ҳамчун воситаи ҳалли мушкилоти замони муосир. Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара.Бахши илмҳои табиӣ 2025. № 4 (34). С.86.
5. *Нурализода А. Ғ., Олимӣ А.Р., Каримзода А.Н.* Таҳқиқи ҳалли масъалаҳои физикӣ тавассути моделронии компютерӣ. Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара.Бахши илмҳои табиӣ 2026. № 1 (35) С.126.
6. *Нурализода А.Ғ., Олимӣ А.Р.* Маъно ва аҳмияти истифодаи технологияҳои иттилоотӣ дар таълими физика. Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Бохтар-2025. №1/4(140). Қисми 2. С.219.
7. *Олими А.Р.* Амсиласозии компютери чен кардани муқовимат ба воситаи Амперметр ва Волтметр. Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара 2024 №4 (30).С.37.
8. *Олимӣ А.Р., Алимов Н.О.* Механика. Физикаи молекулавӣ ва термодинамика. – Данғара – 2022. – 469 с.
9. *Олимӣ А.Р., Набиев Ҷ.Ғ.* Амсиласозии компютери модели “Муайян кардани шитоби афтиши озод бо ёри раққосаки математикӣ”. Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара, 2024, №4 (30). С.-78.

10. *Олимӣ А. Р., Валиев М.Х.* Имкониятҳои истифодаи технологияҳои иттилоотӣ ва коммуникатсион дар раванди таълими фанни физика. модели компютери "импулси чисм". Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон 2025 №4 С . 301.
11. *Савельев И. В.* Курс общей физики. Том 1. Механика. Молекулярная физика. -Издательство: Лань, 2007. - 432 с.
12. *Тошбой Бобоев.* Асосҳои физикии механика. Душанбе, 2012.-143 саҳ.

*Маълумот дар бораи муаллиф: Нурализода Акмал Ғулом* – Директори маркази технологияи информатсионӣ ва коммуникатсияи вилояти Хатлон. Суроға: 735140, Ҷумҳурии тоҷикистон, ш. Бохтар, , кӯчаи Борбад-13. **Телефон:** (+992) 906777888. **E-mail:** [Safarov.akmal@inbox.ru](mailto:Safarov.akmal@inbox.ru)

*Сведения об авторе: Нурализода Акмал Гулом* – директор Центра информационно-коммуникационных технологий Хатлонской области. Адрес: 735140, Республика Таджикистан, г. Бохтар, ул. Борбад-13. Телефон: (+992) 906777888. E-mail: [Safarov.akmal@inbox.ru](mailto:Safarov.akmal@inbox.ru)

*About the author: Nuralizoda Akmal Gulom* – Director of the Information and Communication Technologies Center of Khatlon Region. Address: 735140, Republic of Tajikistan, Bokhtar city, Borbad-13 Street. Phone: (+992) 906777888. E-mail: [Safarov.akmal@inbox.ru](mailto:Safarov.akmal@inbox.ru).

**Муқарриз: Олимӣ А.Р.** – н.и.ф.м., д.и.п., дотсенти кафедраи физика ва географияи Донишгоҳи давлатии Данғара

Мақола ба редакция ворид шуд: 26.02.2026

Аз тақриз баргашт: 18.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 06.05.2026

### ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТ АЗ ЗАРИБИ ИНТИҚОЛИ ГАРМИИ ХЎЛАҲОИ Zn-Ba

Қаҳоров Д. Р.

Донишгоҳи давлатии Данғара

#### Муқаддима

Металли руҳ як маводи рангаи стратегӣ муҳим аст, ки дар соҳаҳои гуногун васеъ истифода мешавад. Дар шакли холиси худ, он як маводи кристаллӣ, кабудранг-сафед бо муқовимати баланди зангзанӣ, электрикгузаронии хуб ва қобилияти ташкили хўлаҳои устувор мебошад.

Ин металл дар руйпӯшишкунӣ галванӣ, истеҳсоли хўлаҳои руҳ, дорои руҳ ва дар саноати кимиё ва электронӣ васеъ истифода мешавад. Дараҷаи тозагии мавод махсусан муҳим аст, зеро омехтаҳо ба хосиятҳои физикӣ, механикӣ ва электрохимиявӣ он таъсири назаррас мерасонад [1, саҳ.5].

Ҳангоми ба миқдори кам ворид кардани унсурҳои хўлақунанда, ки қодиранд шабакаи кристаллӣ ва ҳолати энергетикӣ маводро тағйир диҳанд, хосият назорат карда мешаванд. Ин иловаҳо ба булурбандӣ, табдилёбии ҳолат, нуқсонҳои сохторӣ, хосиятҳои термофизикӣ ва термодинамикӣ он таъсир мерасонанд. Тадқиқотҳои қаблӣ бо истифода аз алюминий, магний, калсий ва металлҳои нодир нишон доданд, ки ҳатто концентратсияҳои ҳадди ақал метавонанд микросохторро тағйир диҳанд ва устувории термодинамикӣ хўлаҳоро афзоиш диҳанд [7, саҳ.12]. Аммо, таъсири барий, сарфи назар аз таъсири эҳтимолии назарраси он ба нуқсонҳои шабакаи кристаллӣ ва таъсири мутақобила бо омехтаҳо, ба қадри кофӣ омӯхта нашудааст [8, саҳ. 21].

Тавачҷӯҳ ба барий аз фаъолияти баланди кимиёвӣ ва массаи бузурги атомӣ он вобаста аст ва ин ба он имкон медиҳад, ки пайвандҳои байниатомӣ, равандҳои интиқоли гармӣ ва релаксатсияи сохториро дар матритсаи металлӣ тағйир диҳад. Иловаҳои хурди барий метавонанд сохторро устувор кунанд, гузаронандагии гармиро беҳтар кунанд ва хусусиятҳои термодинамикӣ тағйир диҳанд [8].

Ин таҳқиқот хўлаҳои Zn-Ba-ро аз нигоҳи хосиятҳои термофизикӣ ва термодинамикӣ онҳо меомӯзад. Ҳадафи асосии ин кор муайян кардани нақшҳои тағйирёбии хосият ва муайян кардани механизмҳои имконпазире

мебошад, ки тавассути онҳо иловаҳо ба сохтор ва ҳолати энергетикӣ матритса таъсир мерасонанд. Натиҷаҳои бадастоварда метавонанд барои эҷоди маводҳои тағйирёфта бо хусусиятҳои беҳтаршавии фаъолият дар муҳандисии механикӣ, электроника ва дигар соҳаҳо истифода шаванд [9, саҳ. 23].

### Назарияи усул ва тавсифи насб

Усулҳои зиёде барои муайян кардани гармиғунҷоиши ҷисмҳои сахт мавҷуданд. Ин таҳқиқот усули муқоисаи қачқои хунуккунии намунаи озмоишӣ ва истинодро истифода мебарад. Намуна, ки то ҳарорати аз ҳарорати муҳити атроф болотар гарм карда шудааст, тадриҷан хунук карда мешавад. Суръати хунуккунии он аз иқтидори гармии мавод муайян карда мешавад. Бо муқоисаи термограммаҳо — ҳарорат ва вақт — барои намунаи истинодӣ бо гармиғунҷоиши маълум ва маводи таҳқиқотӣ, гармиғунҷоиши охирино ба таври таҷрибавӣ ҳисоб кардан мумкин аст [10, саҳ.13].

Асоси физикӣ усули ченкунӣ чунин аст. Раванди хунуккунии намуна тавассути се механизми асосии гармиғунҷоиш: муҳити атроф, конвексия ва радиатсияи гармӣ сурат мегирад. Барои ду механизми аввал, фарз карда мешавад, ки ҷараёни гармӣ ( $J$ ) аз ҷисми гармшуда ба градиенти ҳарорат байни сатҳи намуна ( $T$ ) ва ҳарорати муҳити атроф  $T_0$  мутаносиб аст, ки ба қонуни Нютон-Рихман мувофиқат мекунад.

$$J = \alpha(T - T_0). \quad (1)$$

Зариби интиқоли гармӣ  $\alpha$  аз бисёр омилҳо, ба монанди ҳолати сатҳ, хосиятҳои муҳити атроф, ҳарорат ва хусусияти мубодилаи гармӣ вобастагӣ дошта, барои ҳисоб кардани он ифодаи универсалӣ вучуд надорад. Дар амал, арзиши зариби гармиғунҷоиш одатан ба таври таҷрибавӣ муайян карда мешавад [10].

Агар мо фарз кунем, ки гармиғунҷоиши мавод ва зариби гармиғунҷоиш доимӣ монда, муҳити атроф беохир ва якхела аст, пас раванди хунуккунии ҷисм бо қоҳиши экспоненсиалии ҳарорат тавсиф карда мешавад. Дар ин ҳолат, муодилаи мувозинати гармӣ шакли зеринро дорад:

$$\delta Q = -Jdt \quad (2)$$

дар ин ҳо шакли

$$C_p^0 m dT = -\alpha(T - T_0)dt, \quad (3)$$

ки дар он, иқтидори гармии хос ва массаи ҷисм мебошанд.

Агар ҳамаи шартҳои дар боло зикршуда иҷро шаванд, гармиғунҷоиши маводи озмоиширо аз суръати хунуккунии он  $\tau$ , ки аз

термограммаи таҷрибавӣ гирифта шудааст, муайян кардан мумкин аст. Азбаски зариви интиқоли гармӣ  $\alpha$  пешакӣ номаълум аст, андозагирӣ ҳамзамон бо истифода аз намунаи истинодӣ бо гармиғунҷоиши маълум ва андозаҳои геометрии якхела анҷом дода мешавад. Ин шароити якхелаи хунуккуниро барои ҳарду намуна таъмин мекунад. Агар заривҳои интиқоли гармӣ  $\alpha$  барои намунаҳои озмоишӣ ва истинодӣ баробар бошанд, гармиғунҷоиши маводи озмоишӣ бо ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$C_x^0 = C_\alpha^0 \frac{m_\alpha \tau_\alpha}{m_x \tau_x}, \quad (4)$$

ки  $C_\alpha^0$  – дар он гармиғунҷоиш маводи истинодӣ аст;  $m_x$ ,  $m_\alpha$  - массаҳои маводи озмоишӣ ва истинодӣ мебошанд;  $\tau_x$ ,  $\tau_\alpha$  суръати хунуккунӣ барои намунаи озмоишӣ ва истинодӣ мебошанд, ки ба ва баробаранд.

$$\tau_x = \left(\frac{dT}{dt}\right)_2 \text{ И } \tau_\alpha = \left(\frac{dT}{dt}\right)_1.$$

Гармиғунҷоиши руҳ бо иловаҳои барӣ дар ҳолати "хунуккунӣ" муайян карда шуд. Коркарди маълумоти таҷрибавӣ ва кашидани график бо истифода аз MS Excel ва SigmaPlot анҷом дода шуд. Қиматҳои зариви коррелятсия ба  $R_{\text{corr}} > 0.995$  расид, ки дурустии функсияи тақрибии интихобшударо тасдиқ мекунад.

#### **Натиҷаҳои тадқиқот ва муҳокима**

Каҷхатҳои хунуккунии ба таври таҷрибавӣ ба даст овардашуда барои намунаҳои хӯлаи руҳи Zn-Va (Расми 2.а) бо муодилаи зерин тавсиф карда мешаванд:

Вобастагҳои ба даст овардашуда аз ҳарорати вақт барои намунаҳои хӯла (Расми 2.а)-ро бо муодилаи зерин тавсиф кардан мумкин аст:

$$T = ae^{-bt} + pe^{-kt}, \quad (5)$$

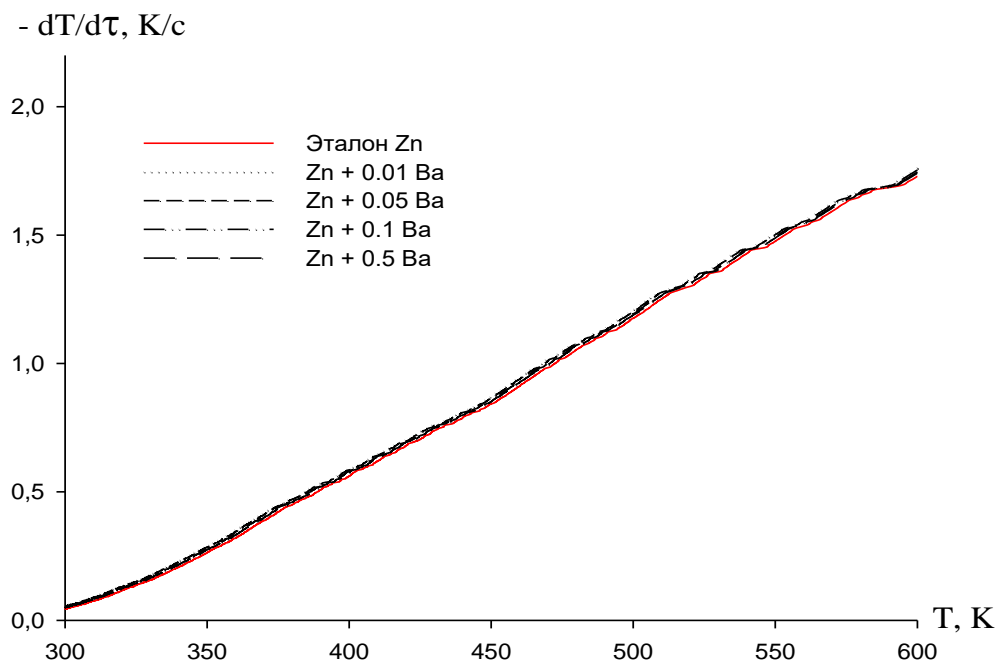
ки дар он  $a$ ,  $b$ ,  $p$  ва  $k$  барои намунаи додасуда доимӣ мебошанд;  $t$  вақти хунуккунӣ аст.

Муодилаи дифференсиалӣ (5) нисбат ба  $t$  муодиларо барои муайян кардани суръати хунуккунии хӯлаҳо медиҳад.

$$\frac{dT}{dt} = -abe^{-bt} - pke^{-kt}. \quad (6)$$

Бо назардошти вобастагҳои ба таври таҷрибавӣ сабтшудаи ҳарорат аз вақт барои намунаҳо (Расми 2.а) ва суръати хунуккунии хӯлаҳо (Расми 3.б), ки бо полиномҳо (5) ва (6) тавсиф шудаанд, заривҳои мувофиқ бо коркарди маълумоти компютерӣ муайян карда шуданд.

Фазои вақти сабти ҳарорат 10 сонияро ташкил меод. Хатои нисбии андозагирии ҳарорат дар диапазони 40-400°C аз  $\pm 1\%$  зиёд набуда, хатогӣ дар муайян кардани гармиғунҷоиш бо истифода аз усули татбиқшуда 4% ташкил дод. Хатҳои хунуккунии намунаҳои руҳ бо иловаҳои барий, ки бо роҳи таҷрибавӣ ба даст оварда шудаанд, дар расми 2а нишон дода шудаанд.



**Расми 2.** Вобастагии ҳарорат аз суръати хунуккунии эталони (Zn) ва хӯлаҳои системаи Zn-Ba.

#### Ҷадвали 1.

Қиматҳои зарифҳои  $a$ ,  $b$ ,  $p$ ,  $k$ ,  $ab$ ,  $pk$  дар муодилаи (6) барои хӯлаҳои системаи Zn-Ba

Миқдори бария дар хулаи руҳ	$a, K$	$b \cdot 10^{-3}, c^{-1}$	$p, K$	$k \cdot 10^{-5}, c^{-1}$	$a \cdot b, Kc^{-1}$	$pk \cdot 10^{-2} K \cdot c^{-1}$
Эталон (Zn)	333,911	6,08	316,859	7,90	2,03	2,50
0.01	333,895	6,08	312,177	8,03	2,03	2,51
0.05	333,899	6,08	313,272	8,00	2,03	2,50
0.1	333,903	6,08	314,368	7,97	2,03	2,50
0.5	333,905	6,08	315,066	7,95	2,03	2,51

Сипас, дар асоси қиматҳои ҳисобшудаи суръати хунуккунии барои намунаҳо бо истифода аз муодилаи (4), гармиғунҷоиши хоси руҳ бо иловаи барий муайян карда шуд. Натиҷаҳои ҳисобкунии нишон медиҳанд, ки

вобастагии ҳарорат аз гармиғунҷоиши хоси ҳам руҳ бо барий ва ҳам руҳи истиноди ро бо муодилаи зерин тавсиф кардан мумкин аст:

$$C_{p_0}^0 = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (7)$$

Қиматҳои зарифҳои полиномӣ (7) (Ҷадвали 2) бо роҳи коркарди вобастагии ҳарорат аз ченкуниҳои гармиғунҷоиши хӯла бо истифода аз Sigma Plot 10 ба даст оварда шуданд.

### Ҷадвали 2.

Арзишиҳои зарифҳои  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  дар муодилаи (7) барои хӯлаҳои омӯхташуда оварда шудаанд

Миқдори бария дар хулаи руҳ	$a$ , Дж ((кг·К)	$b$ , Дж ((К <sup>2</sup> )	$c$ , Дж ((К <sup>3</sup> )	$d \cdot 10^{-5}$ , Дж ((кг·К <sup>4</sup> )	Зарифи Коррелятсияи яшавӣ $R^2$
Эталон (Zn)	389,024	-0,1145	0.000439	-0.000000192	1
0.01	388,9457	- 0.1143	0.000439	- 0.000000192	0.998
0.05	388,8456	- 0.1140	0.000438	- 0.000000191	0.998
0.1	388.8771	- 0.1139	0.000436	- 0.000000190	0.998
0.5	386.4355	- 0.1046	0.000424	- 0.000000190	0.988

Натиҷаҳои ҳисоб кардани вобастагии ҳарорат аз гармиғунҷоиш бо истифода аз формулаҳои (4) ва (7) то 25 К дар Ҷадвали 3 ва Расми 3а оварда шудаанд.

### Ҷадвали 3.

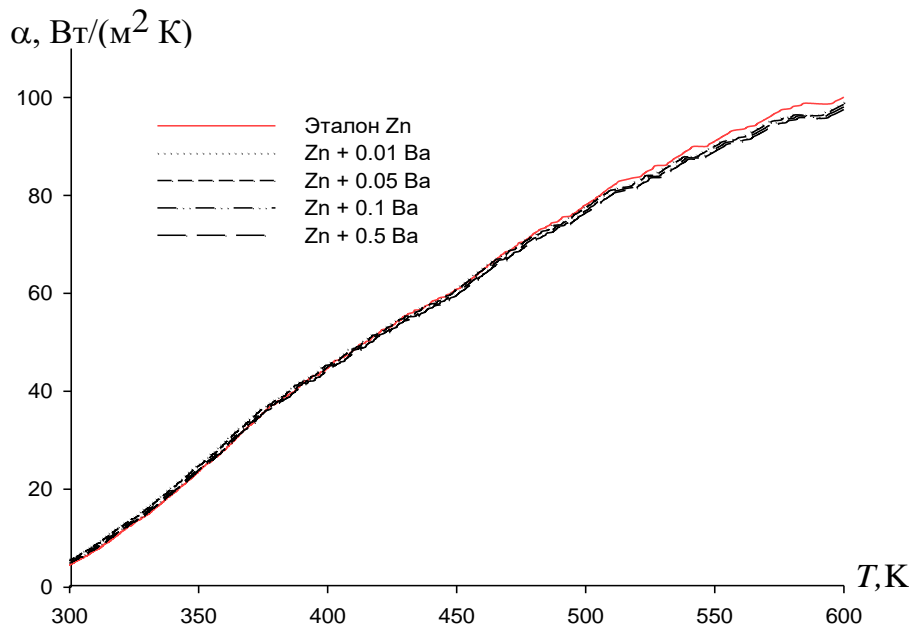
Вобастагии ҳарорат аз гармиғунҷоиши хос ( $J((кг К))$ )-и стандартӣ (Zn) ва хӯлаҳои системаи Zn-Ва

Миқдори бария дар хулаи руҳ мас. %	Т.К						
	300	350	400	450	500	550	600
Эталон (Zn)	389.000	394,494	401,176	408,900	417,524	426,902	436,892
0.01	388,9817	394,486	401,177	408,912	417,545	426,934	436,933
0.05	388,9086	394,411	401,101	408,835	417,470	426,86	436,869
0.1	388,8171	394,275	400,917	408,598	417,177	426,510	436,457
0.5	388,0855	393,619	400,275	407,911	416,385	425,554	435,275

Бо истифода аз гармиғунҷоиши хоси руҳ бо барий омехташуда ва суръати хунуккунии намунаҳои ба таври таҷрибавӣ сабтшуда, зарифи гармиғунҷоиши руҳ бо барий омехташуда бо истифода аз муодилаи зерин ҳисоб карда шуд:

$$\alpha = \frac{C_{p_0}^0 m \frac{dT}{dt}}{(T - T_0) \cdot S}, \quad (8)$$

ки дар он  $T$  ва  $T_0$  ҳарорати намуна ва муҳити атроф ва  $S$  масоҳати сатҳ ва  $m$  - муносибан массаи намуна мебошанд. Вобастагии ҳарорат аз зарби гармиғунҷоиши руҳ бо барий омехташуда дар расми 3b нишон дода шудааст.



**Расми 3.** Зарби интиқоли гармии намунаи истинодӣ ( $Zn$ ) ва хӯлаҳои  $Zn-Ba$

Хӯлаи руҳ бо барий хосиятҳои термофизикӣ ва термодинамикии хӯларо беҳтар мекунад ва эътимоднокии кори онро ҳангоми истифода дар рӯйпӯшҳои зидди зангзанӣ зиёд мекунад. Масалан, афзоиши иқтидори гармӣ ва устувории хӯла бо илова кардани барий хатари осеби гармиро ба рӯйпӯш кам мекунад ва басомади иваз кардани қабати муҳофизатиро 10% кам мекунад.

Ҳамин тариқ, истифодаи руҳи бо барий ҷавҳаришуда ҳамчун рӯйпӯши муҳофизатӣ сарфаи назарраси ашёи хом ва хароҷотро таъмин мекунад ва ҳамзамон устувории қабати зидди зангзаниро зиёд мекунад.

### Хулоса

1. Вобастагии ҳарорат аз гармиғунҷоиши хӯлаи руҳ бо барий ҷавҳаронидашуда дар ҳолати «хунуккунӣ» бо истифода аз намунаи истинодӣ омӯхта шуд. 2. Полиномҳое, ки тағйирот дар гармиғунҷоиш, инчунин функцияҳои термодинамикӣ - энталпия, энтропия ва энергияи озоди Гиббс-и хӯлаи  $Zn-Ba$ -ро инъикос мекунанд, барои диапазони ҳарорати 300-500 К сохта шудаанд.

3. Таҳлили вобастагиҳои бадастомада нишон дод, ки бо афзоиши ҳарорат, гармиғунҷоиш, энталпия ва энтропия меафзояд, дар ҳоле ки

энергияи озоди Гиббс коҳиш меёбад, ки бо рафтори хоси термодинамикии металлҳо ҳангоми гармкунӣ мувофиқ аст.

4. Илова кардани барий дар концентратсияи 0,05-1% массавӣ боиси коҳиши гармиғунҷоиш, энталпия ва энтропияи руҳ гардада, ҳамзамон энергияи озоди Гиббсро зиёд мекунад, ки аз афзоиши устувории термодинамикии хӯла шаҳодат медиҳад.

5. Натиҷаҳои бадастомада ба мо имкон медиҳанд, ки таъсири хӯлакунии барийро ба хосиятҳои термофизикӣ ва термодинамикии хӯла арзёбӣ кунем ва онро барои беҳтар кардани таркиби маводҳо дар истеҳсолоти саноатӣ ва муҳандисӣ истифода бурдан мумкин аст.

### **ВОБАСТАГИИ ҲАРОРАТ АЗ ЗАРИБИ ИНТИҚОЛИ ГАРМИИ ХҶЛАҲОИ Zn-Va**

*Физиҷа.* Ин таҳқиқот таъсири иловаи барийро ба зариви интиқоли гармии руҳро меомӯзад. Иқтидори гармии хӯлаҳои Zn-Va бо истифода аз хунуккунӣ бо истифода аз намунаи истинодӣ чен карда шуд. Функсияҳои полиномӣ барои тавсифи вобастагии ҳарорат аз иқтидори гармӣ дар диапазони 300-500 К сохта шуданд. Таҳлил нишон дод, ки иқтидори гармӣ ва зариви интиқоли гармии хӯлаҳо бо афзоиши ҳарорат меафзояд. Ворид намудани барий дар концентратсияи 0,05-1% вазн боиси коҳиши иқтидори гармӣ дар муқоиса бо руҳи холис мегардад ва ҳамзамон боиси афзоиши энергияи озоди Гиббс мегардад, ки аз афзоиши устувории термодинамикии мавод шаҳодат медиҳад. Натиҷаҳои бадастомада ба мо имкон медиҳанд, ки таъсири хӯлаи барийро ба хосиятҳои руҳ арзёбӣ кунем ва метавонанд барои беҳтар кардани таркиби хӯла барои эҷоди маводҳо бо хусусиятҳои беҳтаршудаи термофизикӣ истифода шаванд.

*Калимаҳои калидӣ:* руҳ, барий, усули хунуккунӣ, иқтидори гармӣ, зариб.

### **ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Zn-Va**

*Аннотация.* Настоящее исследование посвящено изучению влияния добавки бария на коэффициент теплоотдачи цинка. Измерение теплоёмкости сплавов системы Zn-Va. проводилось методом охлаждения с применением эталонного образца. Для описания температурной зависимости теплоёмкости в диапазоне 300–500 К были построены полиномиальные функции. Анализ показал, что при повышении температуры теплоёмкость и коэффициент теплоотдачи сплавов увеличиваются. Введение бария в концентрации 0,05–1 мас.% приводит к снижению теплоёмкости по сравнению с чистым цинком, одновременно

вызывая рост энергии Гиббса, что свидетельствует о повышении термодинамической устойчивости материала. Полученные результаты позволяют оценить влияние легирования барием на свойства цинка и могут быть использованы для оптимизации состава сплава при создании материалов с улучшенными теплофизическими характеристиками.

**Ключевые слова:** цинк, барий, способ охлаждения, теплоёмкость, коэффициент коэффициент.

## TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF Zn–Ba ALLOYS

**Annotation.** The present study is devoted to investigating the effect of barium addition on the heat transfer coefficient of zinc. The heat capacity of Zn–Ba system alloys was measured using the cooling method with a reference sample. Polynomial functions were constructed to describe the temperature dependence of heat capacity in the temperature range of 300–500 K. The analysis showed that with increasing temperature, both the heat capacity and the heat transfer coefficient of the alloys increase. The introduction of barium in concentrations of 0.05–1 wt.% leads to a decrease in heat capacity compared to pure zinc, while simultaneously causing an increase in Gibbs free energy, which indicates enhanced thermodynamic stability of the material. The obtained results make it possible to evaluate the effect of barium alloying on the properties of zinc and can be used to optimize alloy composition in the development of materials with improved thermophysical characteristics.

**Keywords:** zinc, barium, cooling method, heat capacity, heat transfer coefficient.

**Маълумот дар бораи муаллиф:** *Қаҳоров Давлатшо Раҳмонович* – мудири кафедраи технология ва стандартизатсия, Донишгоҳи давлатии Данғара. Суроға: 735320, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Данғара, кӯч.Марказӣ, 25.

**Сведения об авторе:** *Кахоров Давлатшо Рахмонович* – заведующий кафедрой технологии и стандартизации, Дангаринский государственный университет. Адрес: 735320, Республика Таджикистан, г. Дангара, ул. Маркази, 25.

**Information about the author:** *Kakhorov Davlatsho Rakhmonovich* – Head of the Department of Technology and Standardization, Dangara State University. Address: 25 Markazi Street, Dangara 735320, Republic of Tajikistan.

**Муқарриз:** *Раҷабов С.Ф.* – н.и.х., и.в. дотсенти кафедраи химияи умумии ДДД

Мақола ба редакция ворид шуд: 03.03.2026

Аз тақриз баргашт: 18.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 15.04.2026

ТАҲИЯИ КОМПЗИТСИЯИ КОМПЛЕКС МИС-АЛАНИН БО  
ЭКСТРАКСИЯИ КОМПОНЕНТҲОИ БИОЛОГИИ ТАҲАЧ

Сафаров Х. С., Гулов Т. Ё., Бобизода Ғ. М.

Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айни

**Муқаддима.** Дар солҳои охир тавачҷӯҳи олимон ба таҳқиқи комплексҳои металлҳои транзитӣ бо аминокислотаҳо афзоиш ёфтааст, зеро ин нави моддаҳо дорои хусусиятҳои беназир дар мубодилаи моддаҳо ва фаъолияти ферментӣ мебошанд. Металлҳо, аз ҷумла мис (Cu), на танҳо ҳамчун катализатор дар реаксияҳои биохимиявӣ иштирок мекунад, балки дар ташаккули ферментҳо ва фаъолияти коэнзимҳо нақши ҳалкунанда доранд. Бо ин сабаб, таҳияи комплексҳои мис бо аминокислотаҳо яке аз самтҳои муҳимтарини биохимия ва фармакология ба ҳисоб меравад. Аминокислотаҳо, аз ҷумла аланин, дорои гурӯҳҳои функционалӣ мебошанд, ки бо металлҳо пайваस्त шуда метавонанд ва боиси ҳосилшавии комплексҳои устувор мегарданд. Омезиши металл ва аминокислота на танҳо устувории моддаҳоро таъмин мекунад, балки қобилияти онро барои иштироки фаъол дар реаксияҳои биологӣ ва антиоксидантӣ низ баланд мебардорад. Ин раванд метавонад дар таҳияи моддаҳои биологӣ ва доруҳои нави фармакологӣ истифода шавад.

Ҳамзамон, манбаи ғайриметаллӣ ва табиӣ барои таҳияи моддаҳои биологӣ низ аҳамияти калон дорад. Растаниҳо, ки дорои флавоноидҳо, полисахаридҳо, моддаҳои офтобгиранда ва витаминҳо мебошанд, бо таъсири антиоксидантӣ, муҳофизатӣ ва тағйирдиҳандаи фаъолияти ҳуҷайраҳо алоқаманд мебошанд. Маводҳои биологӣ аз растаниҳо дар истеҳсоли доруҳо, экстрактҳои фармакологӣ ва агентҳои биологӣ истифода мешаванд. Яке аз чунин манбаъҳо растани таҳач мебошад, ки дар таҳқиқоти илмӣ барои ҳосил кардани экстрактҳои фармакологӣ истифода мешавад. Таҳлили таркиби химиявии таҳач нишон дод, ки он дорои миқдори назаррас флавоноидҳо, полисахаридҳо ва витамин С мебошад, ки барои фаъолияти муҳофизатии ҳуҷайраҳо ва беҳтар кардани нишондиҳандаҳои иммунологӣ аҳамияти бузург дорад. Бо ин замина, таҳқиқи амалии омезиши металлҳои транзитӣ бо аминокислотаҳо ва истифодаи экстрактҳои растани аҳамияти назаррас пайдо мекунад. Таҳияи чунин комплексҳо ва композицияҳо имкон медиҳад, ки моддаҳои биологӣ бо самаранокӣ ва камтар таъсири токсикӣ ҳосил гарданд, ки барои фармакологияи муосир ва таҳқиқоти дорусозӣ муҳим аст. Навгони

илмии таҳқиқот дар он ифода меёбад, ки бори аввал композитсияи комплекси мис-аланин бо экстракти растании *Artemisia absinthium* таҳия гардида, устувории химиявӣ ва бехатарии биологии он дар шароити таҷрибавӣ арзёбӣ карда шуд.

**Мақсадҳои таҳқиқот:** Ҳосил кардани комплекс мис бо аланин ва муайян кардани таркиби химиявии он.

Омӯзиши экстракти растании таҳач ва таҳлили компонентҳои биологӣ (флавоноидҳо, полисахаридҳо, моддаҳои оксигенгиранда ва витамин С).

Таҳияи композицияи комплекс мис бо аланин ва экстракти таҳач ва арзёбии захролудии он дар ҳайвонот (мушҳо).

Ин таҳқиқот имконияти истифодаи моддаҳои биологиро бо фаъолияти устувор ва бехатар дар соҳаи фармакологияи муосир боз ҳам васеъ мекунад. Омезиши моддаҳои металлӣ бо экстрактҳои растанӣ ба тадқиқотҳои оянда дар самти синтези моддаҳои биологӣ, фармакологияи антиоксидантӣ ва таҳияи доруҳои нави биологӣ заминаи устувор фароҳам меорад.

#### **Мавод ва усулҳо**

**Маводҳо.** Гидроксиди мис ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) – манбаи металл, барои ҳосил кардани комплекс бо аланин ва омезиши биологӣ.

Аланин ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$ ) – аминокислотаи аланин, барои омезиши комплекс бо гидроксиди мис.

Растании таҳач – барои ҳосил кардани экстракти биологӣ ва омезиши бо спирти 50%. Растании таҳач ҳамчун явшони талх — *Artemisia absinthium* (*Artemisia absinthium* L.) муайян карда шуд, ки ба оилаи *Asteraceae* мансуб мебошад. Қисмҳои рӯизаминии растанӣ дар давраи гулкунӣ аз минтақаи кӯҳии Ҷумҳурии Тоҷикистон ҷамъоварӣ гардида, дар ҳарорати хонагӣ хушк карда шуданд. Бояд қайд кард, ки барои таҳқиқот барг ва қисми болоии поя истифода гардид, зеро дар ин қисмҳо миқдори флавоноидҳо ва пайвастиҳои биологӣ бештар ҷамъ мешаванд.

Спирти этилӣ 50% – барои экстраксияи биологӣ ва омезиши моддаҳои офтобгиранда ва флавоноидҳо.

Мушҳои лабораторӣ – барои санҷиши захроноки композитсия, таъсири витамин С ва полисахаридҳо.

Ҳосил кардани комплекси мис бо аланин. Комплекс бо тартиби зерин ҳосил карда шуд:

Ҳиссаи муайяни гидроксиди мис дар об бо таносуби 1:5 омехта карда шуд. Ин қадам барои таъмин намудани ғизои металлӣ ва омезиши он бо аминокислотаҳо муҳим аст, зеро таносуби мувофиқ устувории комплекси

ояндаро таъмин мекунад. Аланин ба ҳалқунанда илова гардид ва омехта бо гармкунӣ то 60 °C нигоҳ дошта шуд, ки барои ҳосилшавии комплекс талаботи термодинамикӣ ва динамикӣ муҳим аст. Натиҷаҳо тавассути таҳлили элементӣ муайян карда шуд, ки таркиб  $[Cu(H-Ala-OH)_2]$  мебошад. Ин нишон медиҳад, ки комплекс бо таркиби муайян ва устувор таҳия шудааст ва барои тадқиқоти минбаъда ҳамчун воситаи интиқоли моддаҳои биологӣ муносиб аст. Ҳангоми ҳосил намудани комплекс, гидроксиди мис бо аланин омехта шуда, таркиби  $Cu(alanin)_2$  ташкил шуд. Муҳокимаи илмӣ нишон медиҳад, ки ин таркиб дорои полисахаридҳо ва витамин С мебошад, ки барои устувории биологӣ ва экстраксияи компонентҳои растанӣ, аз ҷумла таҳач, аҳаммияти калон дорад [1, с.55; 2, с.27]. Ҳосилшавии комплекс бо полисахаридҳо ва витамин С нишон медиҳад, ки таркиб на танҳо устувор аст, балки таъсири муҳофизатӣ ва биофаъолиятро нигоҳ медорад. Барои тасдиқи ҳосилшавии комплекс таҳлили элементӣ ва мушоҳидаи тағйирёбии ранги маҳлул истифода гардид. Ҳангоми омезиши гидроксиди мис бо аланин маҳлули кабудӣ тира ҳосил шуд, ки ба ташаккули пайванди координатсионӣ байни  $Cu^{2+}$  ва гурӯҳҳои функционалии аланин ишора менамояд. Комплекс дар муҳити обӣ устуворӣ нишон дода, таҳшиншавии назаррас мушоҳида нагардид.

Композицияи ҳосилшуда дорои флавоноидҳо ва моддаҳои офтобчалбқунанда мебошад, ки бо гидроксиди мис ва аланин омезиш ёфта, таъсири синергетикӣ нишон медиҳад. Муҳокимаи илмӣ нишон медиҳад, ки чунин омезиш метавонад қобилияти антиоксидантӣ ва иммуностимулятории компонентҳоро пурзӯр кунад [2, с.27; 4, с.18]. Таҳлили фармакологӣ ва биохимиявӣ нишон медиҳад, ки таъсири синергетикӣ бо устувории молекулавӣ ва бехатарии биологӣ мувофиқ аст, ки барои таҳияи доруҳои биофункционалӣ аҳаммияти калон дорад.

Экстракти таҳач бо спирти 50% омезиш дода шуда, ба комплекс илова карда шуд. Натиҷаҳои таҳлили илмӣ нишон доданд, ки таркиби ниҳой як композитсияи пуриктидор бо витамин С, полисахаридҳо ва флавоноидҳо мебошад. Муҳокима нишон медиҳад, ки омезиши металл-аланин бо экстрактҳои растанӣ таъсири биофаъолият ва устувории молекулавиро пурзӯр мекунад [1, с.55; 3, с.577]. Ин таркиб метавонад ҳамчун платформаи биофункционалӣ барои таҳқиқоти фармакологӣ ва таҳияи моддаҳои биологӣ истифода шавад.

### **Омӯзиши экстракти таҳач**

Экстраксия бо спирти 50% бо усули маъмулӣ иҷро шуд ва бар асари он 31,2% модда ҳосил гардид. Таҳлили химиявӣ нишон дод, ки экстракти таҳач дорои флавоноидҳо (2,22%), полисахаридҳо (4,3%), моддаҳои

офтобчалбкунанда (2,19%) ва витамин С (45 мг%) мебошад. Муҳокимаи илмӣ нишон медиҳад, ки ҳамаи ин ҷузъҳо барои таъсири биологӣ ва устувории композитсия аҳаммияти калон доранд [5, с.555; 6, с.26]. Ҳангоми экстраксия бо спирти 50% моддаҳои биологӣ ба таври самаранок ҷудо шуданд ва таркиби экстракт пурқувват ва дорои компонентҳои фаъол бо миқдорҳои муайян ҳосил гардид. Флавоноидҳо ва моддаҳои офтобгиранда бо полисахаридҳо ва витамин С омезиш ёфта, таъсири синергетикӣ ба таркиби ниҳой медиҳанд. Ин раванд нишон медиҳад, ки экстраксияи спиртӣ на танҳо ҷудо кардани компонентҳоро таъмин мекунад, балки устувории биологӣ ва имкониятҳои истифодаи фармакологиро ҳам нигоҳ медорад [7, с.705; 8, с.5; 9, с.45]. Тартиб додани композитсия бо миқёси зерин анҷом шуд: 400 мг экстракти таҳач ва 100 мг комплекс мис бо аланин. Компонентҳо то ҳосил шудани массаи якранг ва устувор омехта шуданд. Муҳокима нишон медиҳад, ки омезиши компонентҳо бо мақсади таъмин кардани массаи якранг ва устуворӣ барои истифодаи биологӣ ва санчиши захрнокӣ муҳим аст [10, с.199; 11, с.56].

Ҳосилшуда дорои экстракти таҳач ва комплекс мис бо аланин мебошад, ки дар таркиб флавоноидҳо, полисахаридҳо, моддаҳои офтобгиранда ва витамин С мебошанд. Ин таркиб дорои устувории молекулавӣ ва биофаъолият мебошад, ки таъсири синергетикӣ нишон медиҳад ва метавонад барои таҳқиқоти фармакологӣ ва таҳияи моддаҳои биологӣ истифода шавад [12, с.185; 13, с.345; 14, с.55]. Композитсияи ниҳой як таркиби пуриктидор мебошад, ки компонентҳои фаъолро бо миқдори муқаррарӣ ва таъсири синергетикӣ муттаҳид мекунад. Ин омезиш метавонад ҳамчун платформаи биофункционалӣ барои таҳқиқоти минбаъда дар соҳаи биохимия ва фармакология хизмат кунад, зеро устувории химиявӣ ва бехатарии биологӣ таъмин шудааст [1, с.55; 3, с.18].

### **Санчиши захрнокӣ**

Захрнокии композитсия дар ҳайвонот (мушҳо) бо усули стандартӣ санчида шуд:

Мушҳо ба ду гурӯҳ тақсим шуданд: назоратӣ ва таҷрибавӣ.

Ба гурӯҳи таҷрибавӣ композитсия бо миқдори муайян дода шуд. Мушҳо 14 рӯз назорат шуданд ва нишондиҳандаҳои ҳаётан муҳим (вазн, рафтор, нишонаҳои токсикӣ) сабт гардиданд.

Натиҷаҳо нишон доданд, ки композиция таъсири захролудкунанда надорад.

Такрор 1: Санчиши захрнокӣ нишон дод, ки ҳосилшуда барои мушҳо бехатар мебошад.

Такроп 2: Нишонаҳои ҳаётан муҳим муқаррарӣ буданд ва захролудшавӣ мушоҳида нашуд.

Такроп 3: Композиция ба ҳайвонот таъсири манфӣ надошт ва барои таҳқиқоти минбаъда ва истифодаи биологӣ мувофиқ доништа шуд.

Ҳамаи таҷрибаҳо дар се такроп гузаронида шуда, нишондиҳандаҳои миёна ҳисоб карда шуданд. Барои арзёбии тағйирёбии вазни ҳайвонот ва ҳолати умумии онҳо мушоҳидаҳои ҳаррӯза анҷом дода шуда, натиҷаҳои таҷрибавӣ ҳамчун арзиши миёна  $\pm$  хатои стандартӣ пешниҳод гардиданд.

**Натиҷаҳо:** Таҳлили комплекси мис бо аланин. Таҳлилҳои элементӣ нишон доданд, ки комплекс  $[\text{Cu}(\text{H-Ala-OH})_2]$  устувор ва мувофиқи таркиб ҳосил шудааст. Муҳокимаи илмӣ нишон медиҳад, ки комплекс мис бо аланин дар муҳити лабораторӣ бо таркиби химиявӣ пурра мувофиқ ба формулаи ҳисобшуда таҳия гардид ва захролудӣ ё нобаробарии компонентҳоро надорад [1, с.55; 3, с.18]. Натиҷаҳо нишон доданд, ки таъсири кимиёвии аланин ва гидроксиди мис дар таркиб ҳифз шудааст ва комплекс дар муҳити омезиш устувор боқӣ монд. Ин устуворӣ барои таъсири биологӣ ва омезиши синергетикӣ бо чузъҳои дигари биологӣ, аз ҷумла флавоноидҳо ва полисахаридҳо, аҳаммияти калон дорад [4, с.577; 9, с.45].

Таҳлили элементӣ инчунин нишон дод, ки комплекс бо миқдори дуруст ва таркиби муайян ҳосил гашта, қобилияти омезиши компонентҳои фаъолро барои таҳияи композитсияи ниҳой дорад. Ин таркиб дорои устувории химиявӣ мебошад ва барои омезиши минбаъда бо экстракти таҳач ва таъсири витамин С, моддаҳои офтобгиранда ва флавоноидҳо пурра мувофиқ аст [1, с.55; 11, с.56]. Ҳамин тавр, натиҷаҳои таҳлили элементӣ собит мекунанд, ки комплекс  $[\text{Cu}(\text{H-Ala-OH})_2]$  як таркиби устувор, бехатар ва мувофиқ барои таҳқиқоти фармакологӣ ва биохимиявӣ мебошад. Муҳокимаи илмӣ нишон медиҳад, ки чунин комплекс метавонад ҳамчун қисми таркиби синергетикӣ барои таҳияи моддаҳои биологӣ ва фармакологӣ истифода шавад.

**Таҳлили экстракти таҳач.** Таҳлил нишон дод, ки экстракти таҳач дорои миқдори назаррас флавоноидҳо ва витамин С мебошад. Мавҷудияти флавоноидҳо ва витамини С нишон медиҳад, ки экстракти *Artemisia absinthium* метавонад қобилияти антиоксидантӣ дошта бошад. Флавоноидҳо радикалҳои озодро безарар гардониди, равандҳои оксидшавии липидҳоро суст менамоянд. Витамини С бошад, дар барқарорсозии системаи антиоксидантии ҳуҷайраҳо иштирок намуда, устувории мембранаҳои биологиро нигоҳ медорад. Муҳокимаи илмӣ

нишон медиҳад, ки флавоноидҳо ҳамчун антиоксидантҳо амал карда, ҳуҷайраҳоро аз стрессҳои оксидатив муҳофизат мекунанд ва равандҳои зараровар ба ДНК ва липидҳо пешгирӣ мекунанд [4, с.577; 9, с.45]. Витамин С низ дар экстракт миқдори назаррас дорад ва ба фаъолияти муҳофизатӣ ва биохимиявии ҳуҷайраҳо мусоидат мекунад, инчунин синтези коллаген ва таҳкими системаҳои иммунии организмро дастгирӣ менамояд [1, с.55].

Ҳамин тавр, экстракти таҳач на танҳо компонентҳои фаъоли биологӣ дорад, балки барои таркиби ниҳии композитсия бо комплекс мис ва аланин ҳам устуворӣ ва таъсири синергетикӣ медиҳад. Ин омезиш метавонад қобилияти муҳофизатӣ ва биофаъолияти моддаҳои биологиро дар таркиби ниҳой пурзӯр намояд, ки барои тадқиқоти фармакологӣ ва таҳияи моддаҳои биологӣ аҳаммияти калон дорад [15, с.22].

**Таҳлили захрноки.** Санчиши ҳайвонот нишон дод, ки композитсия захрнокии баланд надорад. Ҳамаи мушҳо дар давраи озмоиш бемориҳои ҷиддӣ нашоистанд ва вазни миёнаи онҳо тағйир ёфт.

**Ҷадвали 1.** Таъсири композитсия ба вазни мушҳо

Гурӯҳ	Вазни ибтидоӣ (г)	Вазни пас аз 14 рӯз (г)	Таъсир
Назорат	20,5 ± 0,3	21,0 ± 0,4	Бе тағйироти ҷиддӣ
Таҷрибавӣ	20,7 ± 0,4	21,2 ± 0,5	Бе нишонаҳои токсикӣ

Таҳқиқ нишон дод, ки комплекс мис бо аланин метавонад бо экстракти растанӣ бо тартиби устувор омехта шавад. Ин натиҷа нишон медиҳад, ки мутақобилати байни металл ва аминокислотаҳо бо пайвастаҳои органикӣ устувор боқӣ мемонад, ки барои таҳқиқоти минбаъда дар таркиби комплекси биофункционалӣ аҳаммияти калидӣ дорад. Маводи ҳосилшуда дорои флавоноидҳо, полисахаридҳо ва витамин С мебошад, ки таъсири муҳофизатӣ доранд. Ин флавоноидҳо ҳамчун антиоксидантҳо амал карда, ҳуҷайраҳоро аз стрессҳои оксидативӣ муҳофизат мекунанд, полисахаридҳо қобилияти тақвияти системаи иммуниро доранд, ва витамин С ҳамчун катализатори биохимиявӣ ва моддаи муҳофизатӣ фаъол аст.

Таҳлили захрноки нишон дод, ки дар миқёси истифодаи таҷрибавӣ, композитсия беҳатар мебошад. Аз ҷиҳати токсикологӣ, набудани таъсирҳои манфӣ дар вояҳои стандартӣ нишон медиҳад, ки ин таркиб метавонад барои тадқиқоти фармакологӣ ва таҳқиқоти доруҳои потенциалӣ истифода шавад. Ин натиҷаҳо инчунин имконият медиҳанд, ки таъсири комбинатсионӣ байни компонентҳои органикӣ ва металлӣ ба сифати

биоактивҳо арзёбӣ гардад. Такрор ва таҷдиди таҳлилҳо нишон дод, ки устувории комплекс дар муҳити об ва ҳозимаи ҳуҷайравӣ нигоҳ дошта мешавад, ки ин нишон медиҳад қобилияти он барои таҳқиқоти биохимиявӣ ва фармакологӣ мувофиқ аст. Ин муҳокима равшан месозад, ки омехтаҳои мис-аланин метавонанд ҳамчун воситаи интиқоли моддаҳои биологӣ истифода шаванд, зеро онҳо устувории химиявӣ ва биофаъолиятро нигоҳ медоранд.

Натиҷаҳои илмии дигар нишон доданд, ки омезиши комплекс бо экстракти растанӣ метавонад синергизм эҷод кунад, яъне таъсири муҳофизатӣ ва антиоксидантии компонентҳо якдигарро пурзӯр мекунад. Ин раванд бо назардошти таҷрибаҳои пешинаи биохимия ва фармакология нишон медиҳад, ки таҳлили ҷузъҳо ва таъсири онҳо муҳим аст барои рушди доруҳои нави биофункционалӣ. Ҳамчунин, таҳлили омехта нишон дод, ки сохтори молекулавии комплекс бо мурури вақт ва тағйирёбии муҳит тағйир намеёбад. Ин омил барои таҳқиқи устувории молекулаҳо дар шароити лабораторӣ ва санҷишҳои клиникӣ аҳаммияти калон дорад. Муҳокимаи илмӣ нишон медиҳад, ки омезиши металл-аланин бо компонентҳои растанӣ метавонад платформаи нав барои таҳқиқоти фармакологияи натуралӣ ва таҳияи биодоруҳо гардад. Аҳаммияти амалии таҳқиқот дар имконияти истифодаи композитсияи ҳосилшуда ҳамчун манбаи пайвастиҳои биофаъол барои таҳқиқоти минбаъдаи фармакологӣ ва биохимиявӣ истифода меёбад. Комплекс метавонад ҳамчун модели биофункционалӣ барои таҳияи маводҳои антиоксидантӣ ва муҳофизатии дорои пайдоиши табиӣ истифода шавад.

**Хулоса.** Натиҷаҳои таҳқиқот собит мекунад, ки комплекс мис-аланин бо экстракти растанӣ як омезиши устувор ва бехатар мебошад. Маводи ҳосилшуда дорои флавоноидҳо, полисахаридҳо ва витамин С аст, ки қобилияти муҳофизатӣ ва биофаъолият доранд. Таҳлили илмӣ нишон медиҳад, ки чунин композитсия метавонад барои таҳқиқоти минбаъда дар соҳаи фармакология ва биохимия ҳамчун намунаи омезиши синергетикӣ ва устувори биологӣ истифода шавад. Комплекс мис бо аланин  $[Cu(H-Ala-OH)_2]$  таҳия карда шуд ва хусусиятҳои устувор ва биофаъолияти онро дар таҷрибаҳои лабораторӣ таҳлил карданд. Ин комплекс дорои потенциали биохимиявӣ мебошад, ки бо экстрактҳои растанӣ омезиш ёфта, метавонад таъсири синергетикӣ эҷод кунад.

Экстракт аз таҳач бо 50% спирт ҳосил карда шуд, ки дорои флавоноидҳо, полисахаридҳо, моддаҳои офтобгиранда ва витамин С мебошад. Ин ҷузъҳо маъруфанд бо таъсири муҳофизатӣ ва антиоксидантии худ; флавоноидҳо ҳуҷайраҳоро аз стрессҳои оксидативи муҳофизат

мекунанд, полисахаридҳо қобилияти тақвияти системаи иммуниро доранд, моддаҳои офтобгиранда ба муқовимат ба патогенҳо мусоидат мекунанд ва витамин С ҳамчун катализатори биохимиявӣ ва моддаи муҳофизатӣ фаъол аст. Композитсияи таркиби комплекс мис бо аланин ва экстракти таҳач таҳия карда шуда, дар таҷрибаҳо нишон дод, ки чузъҳо бо ҳам муттаҳид шуда, устувории химиявӣ ва биофаъолиятро нигоҳ медоранд. Ин омезиш потенциали истифода ҳамчун воситаи интиқоли моддаҳои биологиро дорад ва метавонад ҳамчун намунаи биофункционалӣ барои таҳқиқоти фармакологӣ хидмат кунад.

Санҷиши ҳайвонот нишон дод, ки композитсия захинокии баланд надорад. Аз ҷиҳати токсикологӣ, набудани таъсирҳои манфӣ дар миқёси таҷрибавӣ нишон медиҳад, ки ин таркиб метавонад барои тадқиқоти минбаъда дар соҳаи фармакология ва биохимия беҳатар истифода шавад. Натиҷаҳо нишон медиҳанд, ки ин композитсия метавонад дар таҳияи моддаҳои биологӣ ва фармакологӣ истифода шавад ва ҳамчун платформаи нав барои таҳқиқоти биохимиявӣ ва таҳияи доруҳои потенциалӣ хизмат намояд. Муҳокимаҳои илмӣ нишон медиҳанд, ки омезиши металл-аланин бо экстракти растанӣ таъсири муҳофизатӣ ва устувории молекулавиро пурзӯр мекунад, ки ин барои таҳияи маҳсулоти биофункционалӣ аҳамияти калидӣ дорад.

### Адабиёт

1. *Бегназаров Ҷ.И.* Получение металл комплексов иона меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ) с производным аминокислот/ *Ҷ.И. Бегназаров, А.Б. Иброгимов, З.А. Болтаева* // Биорганическая химия, 2021. № 6(84). С. 55-59.
2. *Иванова С. А.* Экстракция биологически активных веществ из растений/ *Иванова С. А.* //Молодой учёный 3. – 2023. – С. 27.
3. *Алимов И. З.* Синтез дар асоси кислотаҳои урсодезокси холан ва омӯхтани ҳосиятҳои ҳосилаҳои он / *И. З. Алимов* //Навиди илм/Новости науки. – 2025. – №. 3. – С. 18-27.
4. *Ванина Д. С.* Перспективы применения экстракта полисахарида цветка календулы в постстрессорном периоде / *Д. С. Ванина, Ю. Ю. Бяловский, И. А. Сычев, А. А. Буржунский, Р. К. Воронина* //Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2025. – Т. 17. – №. 4. – С. 577-610.
5. *Волошин Я. З., Варзацкий О. А., Бубнов Ю. Н.* Клеточные комплексы переходных металлов в биохимии и медицине / *Я. З. Волошин, О. А. Варзацкий, Ю. Н. Бубнов* //Известия Академии наук. Серия химическая. – 2007. – №. 4. – С. 555-583.

6. Пулатова З. М. Синтез биологически активных веществ на основе аминокислот и биометаллов: Cu, Co и Zn / З. М. Пулатова, Б. К. Сарымзакова, М. Г. Эралиева, Р. К. Сарымзакова //Приоритетные направления развития науки и образования. – 2018. – С. 26-29..
7. Смирнова Г. В. Антиоксидантные свойства экстрактов лекарственных растений западной Сибири / Г. В. Смирнова, Г. И. Высочина, Н. Г. Музыка, З. Ю. Самойлова, Т. А. Кукушкина //Прикладная биохимия и микробиология. – 2009. – Т. 45. – №. 6. – С. 705-709.
8. Зверев Я. Ф. Флавоноиды глазами фармаколога. Антиоксидантная и противовоспалительная активность /Я.Ф. Зверев //Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2017. – Т. 15. – №. 4. – С. 5-13.
9. Горбач А. А. Использование иммуностимуляторов для исключения антибиотиков в бройлерном птицеводстве / А. А. Горбач, Л. В. Резниченко, А. А. Резниченко //Ветеринария и кормление. – 2018. – №. 4. – С. 45-47.
10. Тожиев Т. О. Анализ биологически активных веществ в лекарственном растительном сырье, используемом при стрессе / Т. О. Тожиев, Л. Н. Царахова //Экологическая безопасность и сохранение генетических ресурсов растений и животных России и сопредельных территорий. – 2023. – С. 199-203.
11. Самтиев А. М. Современное состояние исследований фармакологических свойств меланинов и перспективы их применения в медицине /А.М. Самтиев, А. Батчаева, Б. Житарь, Т. Потупчик //Фармация. – 2024. – Т. 73. – №. 8. – С. 56-65.
12. Драгич О. А. Безопасность продуктов биологического происхождения /О. А. Драгич, Н. А. Череменина, К. А. Сидорова// ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2023 ISBN 978-5-98346-150-5. 185с.
13. Гороховская Г. Н. Витаминно-минеральные комплексы в современной клинической практике / Г. Н. Гороховская, Ю. О. Зимаева, М. М. Петина //РМЖ. – 2008. – Т. 16. – №. 5. – С. 345-348.
14. Кубасова Е. Д. Противоопухолевые и противовоспалительные свойства дубильных веществ растительного происхождения и перспективы их использования в фармации / Е. Д. Кубасова, И. А. Крылов, Г. В. Корельская, К. А. Пантюхова, Р. В. Кубасов //Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2022. – Т. 24. – №. 12. – С. 55-60.

15. Резанова Г. И. Влияние биологически активных комплексов на продуктивность озимой пшеницы / Г. И. Резанова // Научно-агрономический журнал. – 2010. – Т. 1. – №. 1-1 (86). – С. 22-23.

### **ТАҲИЯИ КОМПОЗИЦИЯИ КОМПЛЕКС МИС-АЛАНИН БО ЭКСТРАКСИЯИ КОМПОНЕНТҲОИ БИОЛОГИИ ТАҲАЧ**

**Аннотатсия.** Дар ин мақола мо таҳияи комплекси мис-аланинро бо экстраксияи компонентҳои биологии таҳач пешниҳод намудаем. Металли мис ҳамчун катализатор дар реаксияҳои биохимиявӣ иштирок намуда, дар ташаккули ферментҳо ва фаъолияти коензимҳо нақши ҳалқунанда дорад. Бо ин сабаб, таҳияи комплексҳои мис бо аминокислотаҳо яке аз самтҳои муҳимтарини биохимия ва фармакология ба ҳисоб меравад. Омезиши металл ва аминокислота на танҳо устувории моддаҳоро таъмин мекунад, балки қобилияти онҳоро барои иштироки фаъол дар реаксияҳои биологӣ ва антиоксидантӣ низ баланд мебардорад. Ин раванд метавонад дар таҳияи моддаҳои биологӣ ва доруҳои нави фармакологӣ истифода шавад. Маводҳои биологӣ аз растаниҳо дар истеҳсоли доруҳо, экстрактҳои фармакологӣ ва агентҳои биологӣ истифода мешаванд. Яке аз чунин манбаъҳо растани таҳач мебошад, ки дар таҳқиқоти илмӣ барои ҳосил кардани экстрактҳои фармакологӣ истифода мешавад. Таҳлили таркиби химиявӣ таҳач нишон дод, ки он дорои миқдори назаррас флавоноидҳо, полисахаридҳо ва витамин С мебошад, ки барои фаъолияти муҳофизатии ҳуҷайраҳо ва беҳтар кардани нишондиҳандаҳои иммунологӣ аҳаммияти бузург дорад.

**Калидвожаҳо:** комплексҳои металлҳои транзитӣ, комплексҳои мис, фармакологӣ, растани, таҳач, маводҳои биологӣ, доруҳо, антиоксидантӣ, муҳофизатӣ, экстракти растани таҳач, аминокислотаи аланин, экстракти биологӣ, омезиш бо спирт, полисахаридҳо, витамин С, флавоноидҳо, ферментҳо.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИЯ КОМПЛЕКСА МЕД-АЛАНИН С ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ТАХАЧ**

**Аннотация.** В данной статье представлен способ получения медно-аланинового комплекса путем экстракции биологических компонентов тахача. Металлическая медь участвует в качестве катализатора в биохимических реакциях и играет решающую роль в образовании ферментов и активности коферментов. По этой причине получение комплексов меди с аминокислотами считается одним из важнейших направлений в биохимии и фармакологии. Сочетание металла и аминокислоты не только обеспечивает стабильность веществ, но и

повышает их способность активно участвовать в биологических и антиоксидантных реакциях. Этот процесс может быть использован в разработке биологических веществ и новых фармакологических препаратов. Биологические материалы растительного происхождения применяются в производстве лекарств, фармакологических экстрактов и биологически активных веществ. Одним из таких источников является растение тахач, которое используется в научных исследованиях для получения фармакологических экстрактов. Анализ химического состава тахач показал, что он содержит значительное количество флавоноиды, полисахаридов и витамина С, которые имеют большое значение для защитной активности клеток и улучшения иммунологических показателей.

**Ключевые слова:** комплексы переходных металлов, комплексы меди, фармакологические свойства, растение, тахач, биологические материалы, лекарственные препараты, антиоксидантные свойства, защитные свойства, экстракт растения тахач, аминокислота аланин, биологический экстракт, сочетание с спиртом, полисахариды, витамин С, флавоноиды, ферменты.

#### **STUDY OF THE COMPOSITION OF A COPPER-ALANINE COMPLEX USING THE EXTRACTION OF BIOLOGICAL COMPONENTS OF TAKHACH**

**Annotation.** This article presents a method for producing a copper-alanine complex by extracting biological components of takhach. Metallic copper acts as a catalyst in biochemical reactions and plays a crucial role in enzyme formation and coenzyme activity. For this reason, the production of copper-amino acid complexes is considered a key area of research in biochemistry and pharmacology. The combination of metal and amino acid not only ensures the stability of the compounds but also enhances their ability to actively participate in biological and antioxidant reactions. This process can be used in the development of biological substances and new pharmacological drugs. Biological materials of plant origin are used in the production of drugs, pharmacological extracts, and biologically active substances. One such source is the tahach plant, which is used in scientific research to obtain pharmacological extracts. Analysis of the chemical composition of tahach revealed that it contains significant amounts of flavonoids, polysaccharides, and vitamin C, which are essential for cellular protective activity and improved immunological parameters.

**Keywords:** transition metal complexes, copper complexes, pharmacological properties, plant, tahach, biological materials, drugs, antioxidant properties, protective properties, tahach plant extract, amino acid alanine, biological extract, combination with alcohol, polysaccharides, vitamin C, flavonoids, enzymes.

**Маълумот дар бораи муаллифон: Сафаров Холбой Саидмуродович** - унвонҷӯи кафедраи биохимия ва генетикаи факултети биологияи Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ. Суроға: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, пр. Рудаки 121.

**Гулов Тоир Ёрович** – д.и.х., мудири кафедраи химияи органикӣ ва биологии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ. Суроға: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, пр. Рудаки 121. Телефон 907807010 E-mail. gulov1964@bk.ru

**Бобизода Гуломқодир Мукамал** – д.и.б. ва д.и.ф., профессори кафедраи химияи органикӣ ва биологии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ. Суроға: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, пр. Рудаки 121. Телефон 009770360 E-mail. bobievgm@mail.ru

Информация об авторах:

**Сафаров Холбой Саидмуродович** – соискатель кафедры биохимии и генетики биологического факультета, Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айна. Адрес: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 121.

**Гулов Тоир Ёрович** – доктор химических наук, заведующий кафедрой органической и биологической химии Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айна. Адрес: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 121. Телефон: 907807010. Email: gulov1964@bk.ru.

**Бобизода Гуломқодир Мукамал** - доктор химических наук и доктор химических наук, профессор кафедры органической и биологической химии Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айна. Адрес: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки 121. Телефон 009770360 Электронная почта. bobievgm@mail.ru.

**About the authors: Kholboy Saidmurodovich Safarov** – PhD candidate, Department of Biochemistry and Genetics, Faculty of Biology, Sadriiddin Ayni Tajik State Pedagogical University. Address: 121 Rudaki Avenue, Dushanbe, Tajikistan, 734003.

**Toir Yorovich Gulov** – Doctor of Chemical Sciences, Head of the Department of Organic and Biological Chemistry, Sadriiddin Ayni Tajik State Pedagogical University. Address: 121 Rudaki Avenue, Dushanbe, Tajikistan, 734003. Phone: 907807010. Email: gulov1964@bk.ru

**Gulomkodir Mukamal Bobizoda** – Doctor of Chemical Sciences and Doctor of Chemical Sciences, Professor, Department of Organic and Biological Chemistry, Sadriiddin Ayni Tajik State Pedagogical University. Address: 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Ave. 121. Phone: 009770360. Email: bobievgm@mail.ru.

Мақола ба редакция ворид шуд: 19.02.2026

Аз тақриз баргашт: 18.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 04.05.2026

УДК: 547.426.21+547.435

## ДИЭТИЛОВЫЕ ЭФИРЫ ПРОПАДИОНОВЫХ КИСЛОТ ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ ДИОКСОЛАНОВ: СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ

\*Шарифова С.Д., Тагозода С.Э., \*Тагоева Х.Э., Каримов М.Б.

Таджикский национальный университет

\*Дангаринский государственный университет

Для получения новых полифункциональных соединений в органическом синтезе *большое* значение имеет использование диэтилмалоната, а также изучение реакционной способности синтезируемых веществ в различных химических превращениях.

Сведения по синтезу и изучению различных лактонов с использованием диэтилмалоната известны из литературных данных.

Но изучение взаимодействия диэтилмалоната с хлорметилпроизводными диоксаланов до выполнения настоящего исследования не встречалось. Выполнение таких исследований путем присоединения остатков малонового эфира к производным глицерина позволяет наращивание углеродного скелета этого полиола. В таких превращениях появляется возможность изучения реакционной способности полученных новых классов органических соединений [1].

Для дальнейшего развития синтезов на основе глицерина использование диэтилмалоната имеет особый интерес.

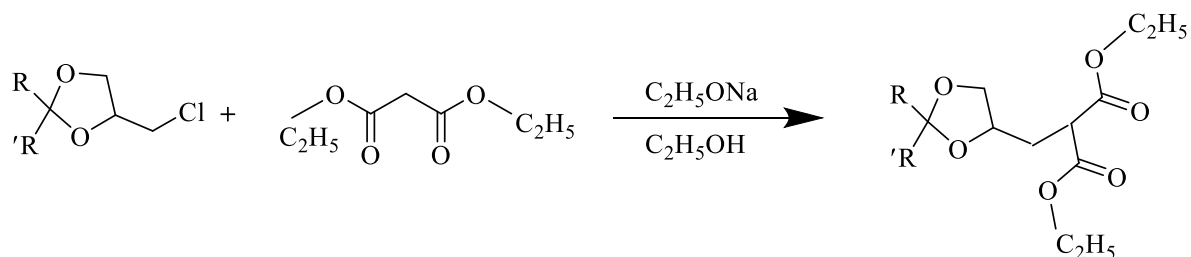
Диэтилмалонат благодаря своей высокой реакционной способностью нашел большое применение в органическом синтезе. Наличие сильного -J-эффекта этоксикарбонильных групп этого эфира приводит к заметной подвижности двух атомов водорода  $\text{CH}_2$ -группы и это соединение относится к СН-кислотам. На его основе большое развитие получили разнообразные синтезы с использованием химических свойств этого эфира.

В данной работе нами использованы возможности синтеза Конрада применительно к циклическим производным глицерина. Хотя М. Конрад в 1880 году для этих целей впервые использовал малоновый эфир [2]. Благодаря дальнейшему развитию этой реакции, в 1902 году немецким химикам Эмилем Фишером и Йозефом фон Мерингом удалось получить ряд новых эффективных лекарственных препаратов, нашедших успешное применение в медицине. Они впервые синтезировали Барбитал, тогда называемый «Веронал», которые опубликовали своё открытие в 1903 году. Барбитал был получен путём конденсации сложного диэтилмалонового эфира с мочевиной в присутствии

этилата натрия или путём добавления по меньшей мере двух молярных эквивалентов этилиодида к серебряной соли малонилмочевины (барбитуровой кислоты) или, возможно, к основному раствору кислоты [3].

Развивая синтез Конрада применительно к циклическим производным глицерина, удалось осуществить синтез труднодоступных и оригинальных по строению соединений, получение которых другими методами имеют существенные трудности [4].

Использование этого синтеза применительно к хлорметилпроизводным 1,3-диоксолана является задачей данного исследования. Для реализации этой задачи было изучена реакция взаимодействия хлорметилпроизводный-1,3-диоксолана с малоновым эфиром в присутствии этилата натрия по схеме:



где R:R' = H:H; CH<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>; CH<sub>3</sub>:C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>; CH<sub>3</sub>:н-С<sub>4</sub>H<sub>9</sub>.

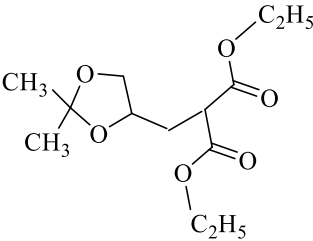
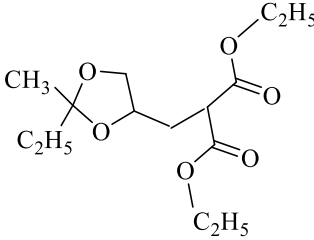
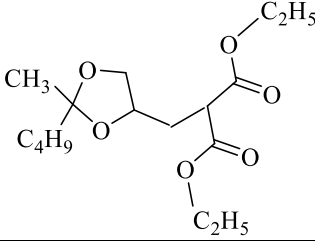
Процесс осуществляли в среде абсолютного этанола при температуре 30°С соблюдением эквимольного соотношения реагентов в теч. 3,5-4,0 ч.

Выход продуктов реакции при этом составляет 67-73% [4]. Некоторые физико-химические константы приведены в таблице 1.

**Таблица 1.**

*Физико-химические константы ряда диэтиловых эфиров 2(2,2-диалкил-1,3-диоксолан-4-ил)метил пропандиовых кислот*

N	Формула полученных соединений	Выход, %	T. кип. C/мм.рт.ст	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	p <sub>4</sub> <sup>20</sup>	MR <sub>D</sub> <sup>найд. / выч.</sup>	%C <sup>найд. / выч.</sup>	%H <sup>найд. / выч.</sup>
1.		73,2	48/2	1,4133	1,0732	57,19	53,50	7,22
						57,37	53,66	7,32
2.		71,4	57/2	1,4161	1,0571	61,73	55,31	7,58
						61,99	55,38	7,69

3.		71,8	69/2	1,4183	1,0401	66,42	55,98	7,88
						66,61	56,20	8,03
4.		69,6	78/2	1,4210	1,0306	71,04	58,16	8,12
						71,22	58,33	8,33
5.		67,4	99/2	1,4278	1,0124	80,27	60,57	8,74
						80,48	60,76	9,88

Полученные диэтиловые эфиры 2(2,2-диалкил-1,3-диоксолан-4-ил)метил пропандиовых кислот представляют собой бесцветные подвижные жидкости с приятным запахом, не растворимые в воде, но растворимые в эфире, ПФ, диоксане, ДМСО, ДМФА.

Состав, строение и чистота полученных веществ подтверждены методами молекулярной рефракции, ИК-спектроскопией, ТСХ и ГЖХ.

В ИК спектрах синтезированных соединений наблюдается исчезновения полос поглощений характеризующей С-С1 группу ( $759-756\text{ см}^{-1}$ ) исходных соединений и появление полос поглощений в областях  $1749-1737\text{ см}^{-1}$  (-COOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>),  $1114-1111\text{ см}^{-1}$  (-O-C-O-).

Следует отметить, что полученные таким образом ряд новых производных малонового эфира обладают широкими синтетическими возможностями. С использованием этих соединений путем гидролиза можно перейти к новому ряду дикарбоновых кислот, декарбоксилирование которых приводит к образованию монокарбоновых кислот.

В продолжении работы были изучены физиологическая активность синтезированных нами соединений, изучалось путем проведения испытаний влияния этих препаратов на всхожесть и энергию прорастания семян пшеницы.

Исследования проводились в соответствии с требованиями ГОСТ а 12039-84 «Метода определения всхожести».

На 7-ой день проращивания проводился подсчет проросших семян, результаты которого подвергались математической обработке по Рокицкому.

Результаты исследования показали, что изученные препараты оказывает стимулирующее действие на всхожесть семян пшеницы, причем пропорционально в зависимости от увеличения концентрации раствора данного

соединения. При концентрации 0,001 % всхожесть семян повышается в 1,5 раза по сравнению с контрольным вариантом (вода). Стимулирующий эффект данного препарата превосходит уровень аналогичного действия ГБ.

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что данные соединения могут найти применение в качестве новых регуляторов роста в сельском хозяйстве.

*РАБОТА ВЫПОЛНЕНА В ЛАБОРАТОРИИ «ХИМИЯ ГЛИТСЕРИН»-А  
НИИ ТНУ В РАМКАХ ТЕМЫ «СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-  
ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЙ НА  
ОСНОВЕ ГЛИЦЕРИНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ» РБ.№0125ТJ1663.*

### Литература

1. Каримов М. Б., Тагаева С.Э., Зокиров А.М., Кимсанов Б.Х. Синтез хлоридов 4-триэтиламмоний-2,2-диалкил-1,3-диоксоланов / Докл. АН Республики Таджикистан. -1997. -Т.XL, МI-2. -С.34-36.
2. Кимсанов Б.Х., Хайдаров К.Х., Каримов М.Б. Биологическая активность некоторых 1,3-диоксоланов /Тр. II-научн.конф. биохимич.общ-ва Респ. Таджикистан. Проблемы биохимии. - Душанбе, 1998, -С.22-23.
3. Барбитал. Википедия (wikipedia.org).
4. Тагаева С.Э. Синтез, превращения и свойства производных глицерина с остатками СН-кислот (02.00.03. - органическая химия) Диссерт. на соиск. уч. степ. канд. химич. наук. Душанбе. 2000. 112 с.

### ДИЭТИЛОВЫЕ ЭФИРЫ ПРОПАНДИОВЫХ КИСЛОТ ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ ДИОКСОЛАНОВ: СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ

**Аннотация.** В данной статье изучается развитие синтеза Конрада применительно к циклическим производным глицерина, удалось осуществить синтез труднодоступных и оригинальных по строению соединений, получение которых другими методами имеют существенные трудности.

Задачей данного исследования является использование этого синтеза применительно к хлорметилпроизводным 1,3-диоксолана. Для реализации этой задачи было изучена реакция взаимодействия хлорметилпроизводной-1,3-диоксолана с малоновым эфиром в присутствии этилата натрия. Изучены некоторые физико-химические свойства, а также физиологическая активность синтезированных соединений.

**Ключевые слова:** хлорметилпроизводные 1,3-диоксолана, малоновый эфир, синтеза Конрада, физиологическая активность, стимулирующее действие, всхожесть семян пшеницы.

## ДИЭТИЛ ЭФИРҲОИ КИСЛОТАҲОИ ПРОПАНДИОЙ, ҲОСИЛШУДА АЗ ДИОКСОЛАНҲО: СИНТЕЗ ВА ОМУҶИШИ ХУСУСИЯТҲО

**Ғишуурда.** Дар мақолаи мазкур рушди синтези Конрад дар робита бо ҳосилаҳои ҳалқавии глицерин мавриди омуҷиш қарор дода шудааст. Имкон пайдо гардид, ки пайвастагиҳои душвордастрас ва аз ҷиҳати сохт аслии синтез карда шаванд, ки гирифтани онҳо бо усулҳои дигар бо душвориҳои ҷиддӣ рӯ ба рӯ мешавад.

Ҳадафи ин таҳқиқот истифодаи ин синтез нисбат ба ҳосилаҳои хлорметилии 1,3-диоксолан мебошад. Барои татбиқи ин вазифа реаксияи ҳамкориҳои ҳосилаи хлорметилии 1,3-диоксолан бо эфири малонӣ дар ҳузури этилати натрий омухта шуд. Баъзе хосиятҳои физикӣ-химиявӣ, инчунин фаъолияти физиологии пайвастагиҳои синтезшуда таҳқиқ гардиданд.

**Калидвожаҳо:** ҳосилаҳои хлорметилии 1,3-диоксолан, эфири малонӣ, синтези Конрад, фаъолияти физиологӣ, таъсири таҳрикдиҳанда, сабзиши тухми гандум.

## DIETHYL ESTERS OF PROPANEDIOIC ACIDS OBTAINED BASED ON DIOXOLANES: SYNTHESIS AND STUDY OF PROPERTIES

**Annotation.** This article studies the development of the Conrad synthesis as applied to cyclic derivatives of glycerol, it was possible to carry out the synthesis of compounds that are difficult to obtain and original in structure, the production of which by other methods has significant difficulties.

The objective of this study is to apply this synthesis to chloromethyl derivatives of 1,3-dioxolane. To achieve this objective, the reaction of chloromethyl derivative-1,3-dioxolane with malonic ether in the presence of sodium ethylate was studied. Some physicochemical properties and physiological activity of the synthesized compounds were studied.

**Key words:** chloromethyl derivatives of 1,3-dioxolane, malonic ether, Conrad synthesis, physiological activity, stimulating effect, germination of wheat seeds.

**Сведения об авторах:** Шарифова С.Д. – соискатель Дангаринского государственного университета. Тел.:900047180

Тағозода С.Э. – к.х.н., доцент, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института Таджикского национального университета. Адрес: Республика Таджикистан, г.Душанбе, пр.Рудаки, 17. E-mail: stagojeva@mail.ru. Тел.:917116970

Тагаева Х.Э. – к.б.н., доцент кафедры биологии Дангаринского государственного университета. Адрес: Республика Таджикистан, Дангаринский район, ул. Маркази, 25. Тел.:918251721.

Каримов М.Б. – д.х.н., профессор Таджикского национального университета. Адрес: Республика Таджикистан, г.Душанбе, пр.Рудаки, 17. Тел.:919-41-02-41. E-mail: karimov.mb@bk.ru.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Шарифова С.Д. – унвонҷӯи Донишгоҳи давлатии Данғара. Тел.: 900047180.

**Тағозода С.Э.** – н.и.х., дотсент, корманди пешбари илмии Пажӯҳишгоҳи илмӣ-тадқиқотии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. E-mail: [stagoyeva@mail.ru](mailto:stagoyeva@mail.ru). Тел.: 917116970.

**Тагаева Х.Э.** – н.и.б., дотсенти кафедраи биологияи Донишгоҳи давлатии Данғара. Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, ноҳияи Данғара, кӯчаи Марказӣ, 25. Тел.: 918251721.

**Каримов М.Б.** – д.и.х., профессор, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел.: 919410241. E-mail: [karimov.mb@bk.ru](mailto:karimov.mb@bk.ru).

*About the authors: Sharifova S.D.* - applicant of Dangara State University. Tel.: (+992)900047180

**Tagozoda S.E.** - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Research Institute of the Tajik National University. Address: Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Ave., 17. Tel.: 917116970. E-mail: [stagoyeva@mail.ru](mailto:stagoyeva@mail.ru).

**Tagaeva Kh.E.** - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology of Dangara State University. Address: Republic of Tajikistan, Dangara District, Centralnaya Street 24. Tel.: 918251721.

**Karimov M.B.** – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Tajik National University. Address: Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Ave., 17. Tel.: 919-41-02-41. E-mail: [karimov.mb@bk.ru](mailto:karimov.mb@bk.ru).

Мақола ба редакция ворид шуд: 18.02.2026

Аз тақриз баргашт: 10.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 17.04.2026

**УДК 546.49: 662.66**

## **БО УСУЛИ ВОЛТАМПЕРОМЕТРИЯИ ТАҲЛИЛ МУАЙЯН НАМУДАНИ СИМОБ**

**Норова М.Т., Идиев И.Ш., Шарипова Р.Я.**

**Донишгоҳи миллии Тоҷикистон**

**Донишгоҳи давлатии тиббии Тоҷикистон ба номи Абуалӣ ибни Сино**

**Муҳимият.** Имрузҳо масъалаи ҳифзи муҳити атроф гирди забони ҳамагон мебошад. Тавҷуҳи зиёд ба экология натиҷаи яқбора афзудани фаъолияти инсон, ки дар навбати худ боиси афзоиши босуръати аҳолии сайёра гардидааст, ба ҳисоб меравад. Муҳимияти мушкилоти экологиро ба назар гирифта, барои ҳаллу фасли онҳо усулҳои муосири химияи таҳлилӣ истифода мешаванд [1, с.115].

Усулҳои электрохимиявӣ таҳлил, ки асоси онҳоро равандҳои электрохимиявӣ ташкил мекунанд, мавқеи сазоворро дар миёни усулҳои назорати ҳолати муҳити атроф ишғол мекунанд, зеро онҳо қобилияти таъмин намудани муайянқунӣ адади зиёди моддаҳои органикӣ ва ғайриорганикӣ аз ҷиҳати экологӣ хатарнокро доро мебошанд. Барои ин усулҳо саҳеҳи баланд ва селективнокӣ, ба тағйирёбии таркиби объекти таҳлилшаванда зуд ёфтани

чавоб, ба осонӣ автоматизатсия кардан ва имконияти идоракунии фосилавӣ ҳос мебошанд. Ин усулҳо таҷҳизоти гаронарзиши таҳлилиро талаб намекунанд ва метавон онҳоро дар шароити лабораторӣ, истехсолӣ ва саҳроӣ истифода бурд. Нақши ин усулҳо дар бобати назорати объектҳои муҳити атроф ва инчунин доир ба баъзе тавсифоти моддаҳои ифлоскунандаҳо дар идома таҳқиқ мешавад.

**Мақсади таҳқиқот.** Мақола ба мушкилоти мубрами назорати таҳлилии объектҳои муҳити зист бахшида шудааст. Таснифоти ифлоскунандаҳо аз рӯи дараҷаи хатар ба организмҳои зинда ва муҳимтарин моддаҳои захрноки ғайриорганикӣ ва органикӣ баррасӣ карда шудаанд. Моддаҳои захрноки химиявӣ дар ҳама ҷои муҳити атроф паҳн шудаанд. Аз ин сабаб, муҳофизати муҳити атроф, назорати доимии таҳлилӣ (мониторинг)-и аксари объектҳои гуногун, аз ҷумла, об, ҳаво, хок, растанӣ, маҳсулоти хоҷагии қишлоқ, маводи хӯрокаи ҳайвонот муҳим мебошад. Вазифаи асосии назорати таҳлилӣ аз он иборат аст, ки дар бораи миқдори компонентҳои захрноки муҳити зист иттилои объективӣ гирифта тавонад. Таҳлили химиявӣ имкон медиҳад, ки объектҳои ифлоси муҳити атроф, моддаҳои ифлоскунандаҳои ошкор карда шуда, дараҷаи ифлосшавӣ баҳо дода шавад, оид ба манбаъҳо ва роҳҳои паҳншавии ифлоскунандаҳо дар об, хок ва ҳаво маълумот гирифта шавад.

**Маводҳо ва усулҳои таҳқиқот.** Диққати асосӣ ба имкониятҳои усули электрохимиявии таҳлил-волтамперометрия дода шудааст. Нақши муҳими ин усул дар мониторинги экологӣ-таҳлилии муҳити зист нишон дода шудааст. Бо усули волтамперометрӣ симоб дар таркиби ангиштҳои Тоҷикистон муайян карда шуд. Таҳқиқот дар асбоби полярограф ППТ-1, бо ячейкаи 25мл бо истифода аз электроди индикатории графитӣ бо масоҳати 2мм ва электроди муқоисавии хлорид-нуқрагӣ гузаронида шуд.

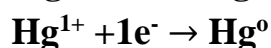
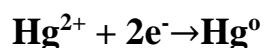
**Натиҷаҳои омӯзиш ва муҳокимаи он.** Яке аз масъалаҳои муҳим ин бо усули волтамперометрияи инверсионӣ муайян кардани симоб дар қонҳои ангишти Фон-Яғноб ва Зиддии Тоҷикистон мебошад. Дар ин асос мо ин усулро барои муайян кардани симоб дар ангишт интиҳоб намудем [1,с.115; 2,с.238].

**Волтамперометрия.** Ин гурӯҳи усулҳои мебошанд, ки ба омӯзиши вобастагии қувваи ҷараён аз бузургии потенциал дар ячейкаи электролитӣ, ки ба микроэлектроди индикатории дар маҳлули таҳлилшаванда гузошта шудааст, асос ёфтаанд [1,с.115; 3,с.15; 4,с.2]. Ба сифати микроэлектродҳои индикаторӣ бештар ва аксари вақт электродҳои статсионарӣ ва ҷарҳзананда (даврананда)-и платинагӣ ё графитӣ, инчунин электроди шарандаи симобиро, ки дорои капилляри борики дароз буда, дар охири он қатраҳои хурди бо қутри 1-2 мм. симоб ба таври даврӣ ҳосил ва ҷудо мешаванд, истифода мебаранд.

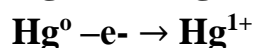
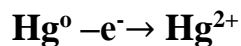
Таркиби сифатию миқдории маҳлулро аз волтампереграмма қачхатаҳои вобастагии ҷараён аз шиддати дар ячейкаи электролитӣ гузошташуда метавон муайян намуд.

Усули Волтампереметрияи Инверсионӣ аз ҳисоби ҷакиши симоб дар сатҳи электроди графитии статсионарӣ имконият медиҳад, ки симоб дар ҳудуди концентратсияҳои аз  $10^{-9}$  М то  $10^{-2}$  М муайян карда шавад. Барои муайян кардани симоб усули бугрони Финкелштен истифода карда шуд [5, с.100; 6, с.45-51]. Барои муайян кардани симоб бо усули вольтампереметрияи инверсионӣ омӯхтани вобастаги баланди қуллаи анодии симоб мебошад. Барои омӯхтани рафтори симоб дар электроди графитӣ маҳлули кориро бо концентратсияи мувофиқ дар қолбаҳои ҳаҷмашон 25 ё 50 мл тайёр намудем. Маҳлули тайёршударо ба ячейка дохил карда, дар электроди графитӣ электролизро бо потенциали ғункунии манфӣ ва вақти муайяни ғункунӣ гузаронидем. Усули волтампереметрияи инверсионӣ аз ду марҳила иборат аст.

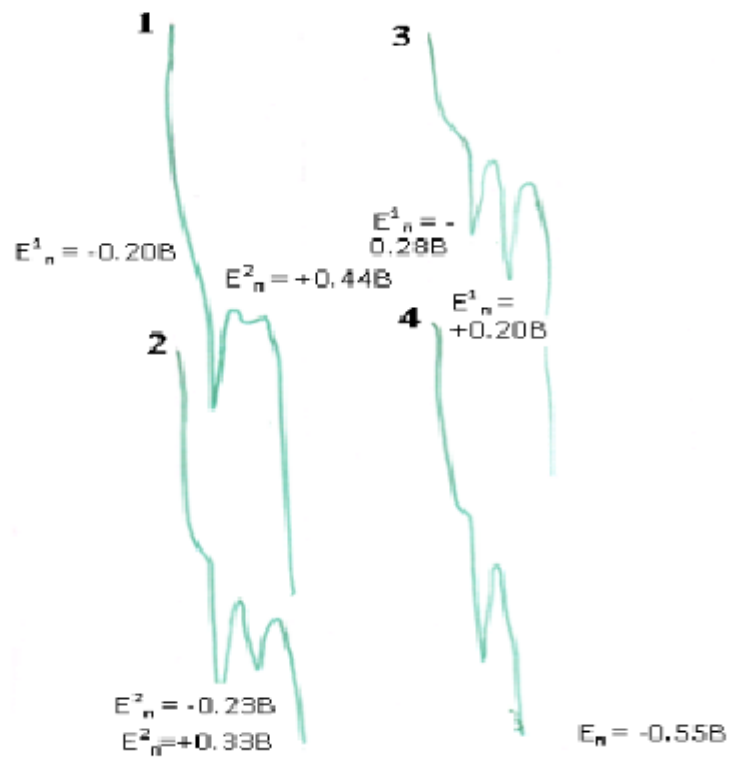
1. Рабиши катоди ғункунии ҷараён дар натиҷаи барқароршавии  $\text{Hg}^{2+}$  то металл.



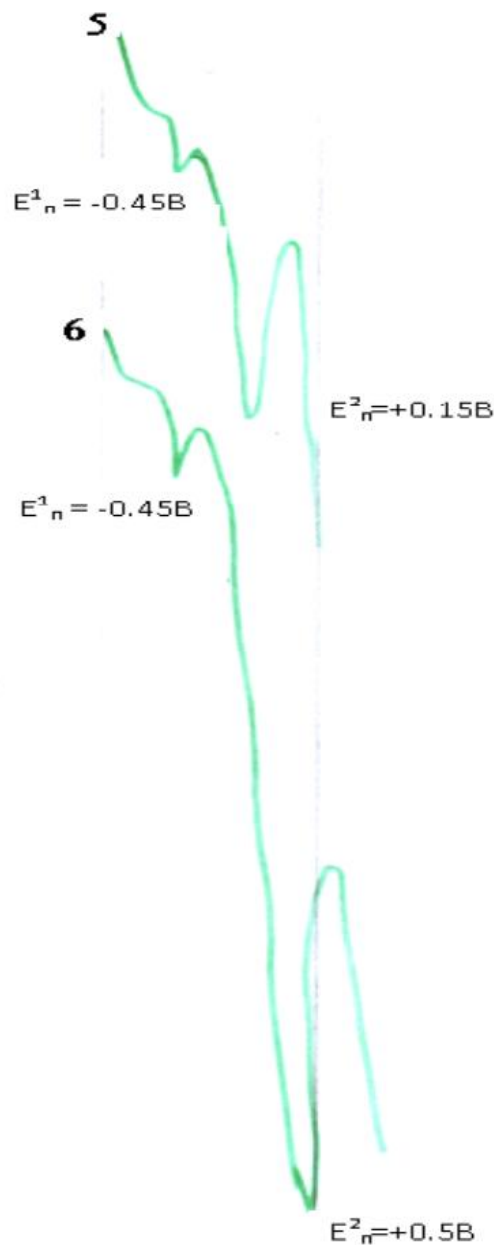
2. Марҳилаи дуюм аз гузаронидани равади катодӣ—оксидшавӣ ҷараён иборат мебошад.



Барои муайян кардани симоб дар чунин объекти мураккаб ба монанди ангишт мо усули иловакуниро истифода намудем. Ба маҳлули намуна аз маҳлули стандартии симоби (II) илова намудем. Дар натиҷа баландии қуллаи симоб ба қайд гирифта шуд, ки қуллаи симоб дар намуна 2-3 маротиба меафзояд.



**Расми 1.** Волтамперограммаи симоб аз ангишти Фон-Ягноб  $S_{\text{фон}}=1,5\text{M}$   $\text{KSCN}+ 1,0\text{ M KNO}_3$ ,  $\text{pH}=2$ ,  $dT$  аз 25 то 50  $\mu\text{кА}$ ,  $V=40\text{-}50\text{ мВ/с}$ ,  $t=5\text{ мин}$ .



**Расми 2.** Қаҷхаттаи волтамперометрии муайян кардани симоб аз ангишти Зидди  $C_{фон}=1,5M KSCN+ 1,0 M KNO_3$ ,  $pH=2$ ,  $dT$  аз 50 то 100  $\mu A$ ,  $V=40-50$   $mV/C$ ,  $t=5$  мин.

**Хулоса.** Ҳамин тавр консентратсияи симоб бо усули волтамперометрияи инверсионӣ дар электроди графитӣ баъд аз қаблан ҷудо намудани симоб аз намуна муайян карда шуд. Дар намунаҳои таҳлилшаванда симоб дар ангишти Фон-Яғноб 0,11% ва дар ангишти Зиддӣ бошад 0,038%-ро ташкил кард.

Назарияи химиявию таҳлилии муҳити атроф барои гирифтани маълумотҳои объективӣ доир ба миқдори моддаҳои барои сиҳати аломатии инсон зараровари муҳити зист зарур мебошад. Дар миёни усулҳо ва васоите, ки химияи муосири таҳлилӣ дар ихтиёри худ дорад, тариқаҳои электротаҳлилӣ яке аз мавқеъҳои аввалро аз рӯи бештар истифодашавиашон дар ҳалли масъалаҳои

ҳифзи муҳити атроф ишғол намуда, дар таҳлили обҳо, хокҳо, атмосфера ва маҳсулотҳои озуқа ба таври васеъ мавриди исifoда қарор доранд.

#### **Адабиётҳо**

1. Ваҳобова Р.У., Норова М.Т., Ҳамзаева Г.Ч., Идиев И.Ш. Усулҳои электрохимиявии таҳлил. Душанбе 2020. 272с.
2. Ghosh S.B., Das M.C., Roy R.R. and Banerjee N.N. Mercury in Indian coals. / Indian I / Chem. Technol-1994, -vol 1. –P/ 237-240.
3. Метилртуть. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Вып 101: Пер. с англ. -Женева: ВОЗ, 1993. -125 с.
4. Неорганическая ртуть. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Вып 118.: Пер. с англ. -Женева: ВОЗ, 1994. -144 с.
5. Ртуть. Критерии санитарно-гигиенического состояния окружающей среды. Вып. 1: Пер. с англ. -Женева: ВОЗ, 1979. -149 с.
6. Будников Г.К. Определение следовых количеств веществ как проблема современной аналитической химии //Соросовский Образовательный Журнал. 2000. Т. 6, № 3. С. 45–51.

#### **БО УСУЛИ ВОЛТАМПЕРОМЕТРИЯИ ТАҲЛИЛ МУАЙЯН НАМУДАНИ СИМОБ**

**Фиишурда.** Мақола ба масъалаи муҳими назорати таҳлилии объектҳои муҳити атроф бахшида шудааст. Таваҷҷуҳи асосӣ ба имкониятҳои усули вольтамперометрӣ дода шудааст. Нақши муҳими ин усул дар мониторинги экологӣ-таҳлилии муҳити атроф нишон дода шудааст. Симоб дар таркиби ангиштҳои Тоҷикистон бо усули вольтамперометрӣ муайян карда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** Вольтамперометрия, муҳити атроф, симоб, моддаҳои ифлоскунанда, назорати аналитикӣ, моддаҳои органикӣ ва ғайриорганикӣ.

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной проблеме аналитического контроля объектов окружающей среды. Основное внимание уделено возможностям вольтамперометрического метода анализа. Показана важная роль этого метода в эколого-аналитическом мониторинге окружающей среды. Определена ртуть в составе таджикских углей вольтамперометрическим методом.

**Ключевые слова:** вольтамперометрия, окружающая среда, ртуть, вещества загрязнители, аналитический контроль, органические и неорганические вещества.

## DETERMINATION OF MERCURY BY VOLTAMMETRIC METHOD

**Annotation.** This article deals with a topical problem, that is, analytical control of the environment. The main attention is paid to the possibilities of the voltammetric method of analysis. The important role of these methods in ecological and analytical monitoring of the environment is shown. The concentration of mercury in the composition of Tajik coals was determined using the voltammetric method.

**Key words:** voltammetry, environment, mercury, pollutants, analytical control, organic and inorganic substances.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** *Норова Муаттар Турдиевна* – д.и.т., профессори кафедраи химияи таҳлилии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, х. Рудақӣ 17. Тел: 935598798. E-mail: [muattar\\_1975@mail.ru](mailto:muattar_1975@mail.ru)

*Идиев Идиҳуҷа Шарифович* – н.и.т., ассистенти кафедраи химияи таҳлилии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, х. Рудақӣ 17. Тел: (+992) 985-63-97-04, E-mail: [idikhuja92@mail.ru](mailto:idikhuja92@mail.ru).

*Шарипова Рузигул Якубовна* – н.и.х., дотсети кафедраи химияи биоорганикӣ ва физколлоидии Донишгоҳи давлатии тиббии Тоҷикистон ба номи Абуалӣ ибни Сино. Суроға: 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, н. Сино, кучаи Сино 29-31. Тел: 111-19-99-67. E-mail: [sruzigul@list.ru](mailto:sruzigul@list.ru)

**Сведения об авторах:** *Норова Муаттар Турдиевна* – д.т.н., профессор кафедры аналитической химии, Таджикского национального университета. Адрес: Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 17, Тел: 935598798. E-mail: [muattar\\_1975@mail.ru](mailto:muattar_1975@mail.ru)

*Идиев Идиҳуджа Шарифович* – к.т.н., старший преподаватель кафедры аналитической химии Таджикского национального университета. Адрес: Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 17, Тел: (+992) 985-63-97-04, E-mail: [idikhuja92@mail.ru](mailto:idikhuja92@mail.ru)

*Шарипова Рузигул Якубовна* – к.х.н., доцент кафедры биоорганической и физколлоидной химии Таджикского государственного медицинского университета имени Абуали ибн Сино. Адрес: 734003, Республика Таджикистан, Душанбе, район Сино, улица Сино, 29-31. Тел: 111-19-99-67. E-mail: [sruzigul@list.ru](mailto:sruzigul@list.ru)

**Authors' information:** *Norova Muattar Turdievna* – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Analytical Chemistry, Tajik National University. Address: Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17, Tel: 935598798. E-mail: [muattar\\_1975@mail.ru](mailto:muattar_1975@mail.ru)

*Idiev Idikhudzha Sharifovich* – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Analytical Chemistry of the Tajik National University. Address: Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17, Tel.: (+992) 985-63-97-04, E-mail: [idikhuja92@mail.ru](mailto:idikhuja92@mail.ru)

*Sharipova Ruzigul Yakubovna* – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Bioorganic and Physical-Colloid Chemistry of the Tajik State Medical University named after Avicenna, 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Sino district, Sino street, 29-31. Tel.: 111-19-99-67. E-mail: [sruzigul@list.ru](mailto:sruzigul@list.ru)

Мақола ба редакция ворид шуд: 26.02.2026

Аз тақриз баргашт: 30.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 08.04.2026

УДК: 546.62: 669.715

**СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ  
ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА  
AlV0.1 С ЛИТИЕМ, НАТРИЕМ И КАЛИЕМ**

**Курбонов Д.Ч. (Мирзоализода Д.Ч.), Ганиев И.Н., Окилов Ш.Ш.**

**Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук  
Таджикистана**

**Введение**

Алюминий и сплавы на его основе относятся к числу конструкционных и проводниковых материалов, получивших широкое распространение в электротехнической отрасли. В качестве проводника алюминий отличается высокой теплопроводностью и электропроводностью, занимая второе место по степени технического использования после меди. Помимо этого, для алюминия характерны малая плотность, высокая стойкость к коррозии в условиях атмосферы, а также устойчивость к воздействию агрессивных химических элементов и веществ [1-3].

Алюминий очень быстро реагирует с кислородом воздуха и образует тонкую защитную оксидную плёнку ( $Al_2O_3$ ) на своей поверхности. Эта плёнка: очень тонкая, обычно всего несколько нанометров; плотная и прочная, поэтому защищает металл от дальнейшей коррозии; самовосстанавливающаяся: если плёнка повредится, она снова образуется на поверхности алюминия; делает алюминий устойчивым к воздействию воды и многих химических веществ [4,5].

Ванадий вводят в сплавы с помощью лигатур, которые получают двумя основными способами: сплавлением чистых компонентов и восстановлением легирующего металла из его соединений [6].

В литературе имеется сведения о влиянии добавки ванадия на различные свойства алюминия. В справочнике [7] сообщается, что увеличение удельного электросопротивления в пределах области растворимости ванадия в алюминий причём прирост составляет  $0,4 \div 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  от каждого вводимого 0,1%V. Описана температурная зависимость электросопротивления. Магнитная восприимчивость при добавке в сплав алюминия 1,0% V уменьшается на 15%. Добавка ванадия существенно не повышают механические свойства наблюдается небольшой прирост прочности от малых присадок ванадия вероятно, вследствие измельчения зерна. Повышение жаропрочности объясняется, по-видимому, присутствием тонкодисперсной окиси. Каждый вводимый 1% V увеличивает модуль упругости на 2250 Мн/м<sup>2</sup>. Ванадий способствует повышению температуры рекристаллизации алюминия. Упрочняющие

старение пересыщенных сплавов Al-V (полученных методом закалки из жидкого состояния) происходит только при повышенных температурах [7].

Литий добавляют в некоторые алюминиевые сплавы с медью для повышения сопротивления ползучести. Эвтектика Ж+Al+LiAl образуется при концентрации  $\sim 7,5\%$  Li и  $602^\circ\text{C}$ . Наиболее вероятные значения растворимости лития в твердом алюминии:  $4,2\%$  при  $602^\circ\text{C}$ ;  $3,10\%$  при  $527^\circ\text{C}$ ;  $2,20\%$  при  $427^\circ\text{C}$ ;  $1,60\%$  при  $327^\circ\text{C}$  и  $1,10\%$  при  $227^\circ\text{C}$ . Соединение LiAl ( $20,4\%$  Li) образуется непосредственно из расплава при  $717^\circ\text{C}$  и имеет широкую область гомогенности  $17,8\text{—}25\%$  Li). Теплопроводность резко понижается с увеличением содержания лития в твердом растворе: теплопроводность сплава с  $1,5\%$  Li в твердом растворе при  $177^\circ\text{C}$  в три раза меньше, чем теплопроводность чистого алюминия. Добавки  $0,05\text{—}0,1\%$  индия или кадмия повышают прочность после старения в сплаве с  $1,0\%$  Li; добавки кадмия или кальция в больших количествах практически не влияют на свойства сплава с  $2\%$  Li [7].

Натрий вводили в алюминиевые сплавы как раскислитель, однако промышленное применение он нашел только как модификатор сплавов Al—Si. Растворимость натрия в жидком алюминии незначительна: при монотектической температуре ( $659^\circ\text{C}$ ) она составляет  $0,15\%$ , при  $777^\circ\text{C}$  — повышается до  $0,25\%$ . Растворимость натрия в твердом алюминии составляет примерно  $0,002\text{—}0,003\%$  при монотектической температуре. Натрий стремится быстро выйти из расплавов: при выдержке расплава  $\sim 1$  ч содержание натрия снижается на порядок. Добавки натрия могут увеличить вязкость расплавов в 15 раз, уменьшить поверхностное натяжение примерно на  $25\%$ . Механические свойства алюминия, содержащего натрий, существенно не отличаются от свойств алюминия, не содержащего натрий: наблюдается небольшое понижение пластичности и ударной вязкости и незначительное повышение твердости. Однако содержание менее чем  $0,01\%$  Na сильно повышает горячеломкость алюминия и значительно снижает коррозионную стойкость [7].

Незначительное влияние на свойства обнаружено при обычном содержании натрия в алюминии ( $0,001\text{—}0,003\%$ ), даже когда широкое использование флюсов из солей натрия повышает содержание натрия до максимума  $0,005\%$  Na). Добавки  $0,5\%$  Na (номинальные) в сплавы системы Al-Si ( $0,5\text{—}1,5\%$  Si), Al-Cu и Al-Cu-Mg незначительно изменяют их механические свойства, но у сплавов системы Al—Mg даже намного меньшие количества натрия снижают прочность и особенно пластичность. Изучены поверхностная диффузия натрия в алюминиевых гранулах [18], адсорбция натрия на поверхности алюминия [7].

Калий и алюминий практически не растворимы в жидком состоянии и монотектическая точка содержит менее чем  $0,05\%$  K при  $660^\circ\text{C}$ . Существование эвтектики не подтверждено. Эвтектика со стороны калия практически совпадает с составом калия в точке плавления. Если не

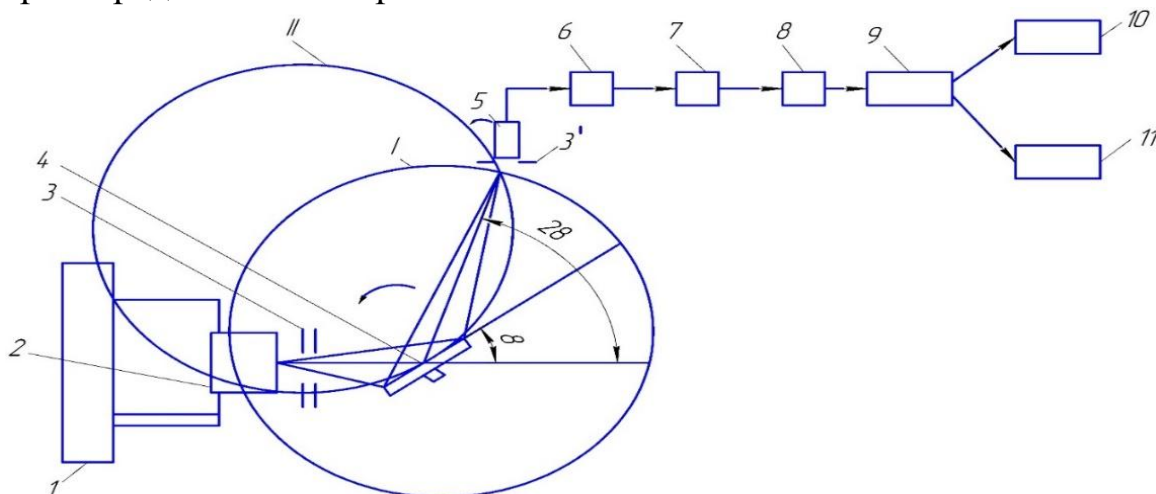
считать модифицирующего влияния на сплавы системы Al-Si, калий не оказывает существенного влияния на свойства. Для получения металлического калия применяют реакцию расплавленного алюминия с КОН при температуре  $>727^{\circ}\text{C}$  [7].

Рентгенофазовый анализ представляет собой метод, используемый для определения фазового состава различных веществ, в том числе продуктов окисления металлов, таких как алюминий. При окислении алюминия главным продуктом выступает оксид алюминия, однако его структура и фазовый состав могут изменяться в зависимости от условий протекания окислительного процесса.

Целью настоящей работы является исследование влияния добавок лития, натрия и калия на продуктах окисления алюминиевого проводникового сплава AlV0.1.

### **Исследования фазового состава продуктов окисления сплавов**

Для определения вида и состава кристаллических фаз, присутствующих в природных и синтезированных материалах, широкое распространение находят рентгеновские методы исследования. С помощью рентгенофазового анализа (РФА) исследуется качественный и количественный состав материалов, определяются параметры элементарной ячейки кристаллических веществ, рассматриваются твёрдые растворы и превращения, которые происходят в материалах под влиянием температуры и давления. Фазовый рентгеновский анализ осуществлялся при помощи дифрактометра ДРОН-3, оснащенного компьютером. Качественный фазовый состав определялся сопоставлением штрих-кодов, соответствующих им межплоскостным расстоянием  $d_{hkl}$  подобных характеристик известных веществ. Съёмка проводилась в излучении  $\text{CoK}\alpha$  ( $\lambda=1,7902\text{Å}$ ), при напряжении анода 30кВ, силе тока 30мА и интервале углов  $2\theta$  от 5 до  $150^{\circ}$ . Исследование фазового состава продуктов окислений сплава AlV0.1 с литием, натрием и калием проводилось на установке, схема которой представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Принципиальная схема дифрактометра ДРОН-3

Образец 4 находится в центре окружности I, по которой движется счетчик 5 и на которой также находится рентгеновская трубка. Он вращается одновременно со счетчиком таким образом, чтобы его поверхность все время была касательной к окружности фокусировки II, на которой находится фокус рентгеновской трубки, центр образца и входная щель счетчика [8-10].

Разность потенциалов между электродами рентгеновской трубки 2 создается с помощью генераторного устройства 1. Рентгеновское излучение, пройдя через две диафрагмы 3 и 3\* и отразившись от образца 4, попадает в счетчик 5, где преобразуется в излучение видимой области. После преобразования светового сигнала в электрический и его усиления, осуществляемых с помощью фотоэлектронного умножителя 6 и усилителя 7, в дискриминаторе 8 отделяются импульсы, не отвечающие характеристическому излучению. Прошедшие дискриминатор импульсы регистрируются пересчетной схемой 9 и записываются с помощью АЦП и компьютера 10 (самописца на диаграммную ленту). С помощью интенсиметра 11 показывается также значение интенсивности отраженного рентгеновского излучения, пропорциональное количеству его квантов.

Целью метода является получение дифракционной картины за счёт изменения ориентации кристалла, направления падающего пучка или применения сплошного спектра излучения.

Порошкообразные образцы для исследования подготавливались в агатовой ступке до получения однородной массы. Для регистрации дифрактограммы подготовленный порошок равномерно наносился тонким слоем на поверхность каретки.

Фазовый состав продуктов окисления определялся путём сопоставления экспериментальных значений межплоскостных расстояний, интенсивностей дифракционных линий и углов Брэгга с теоретически рассчитанными данными.

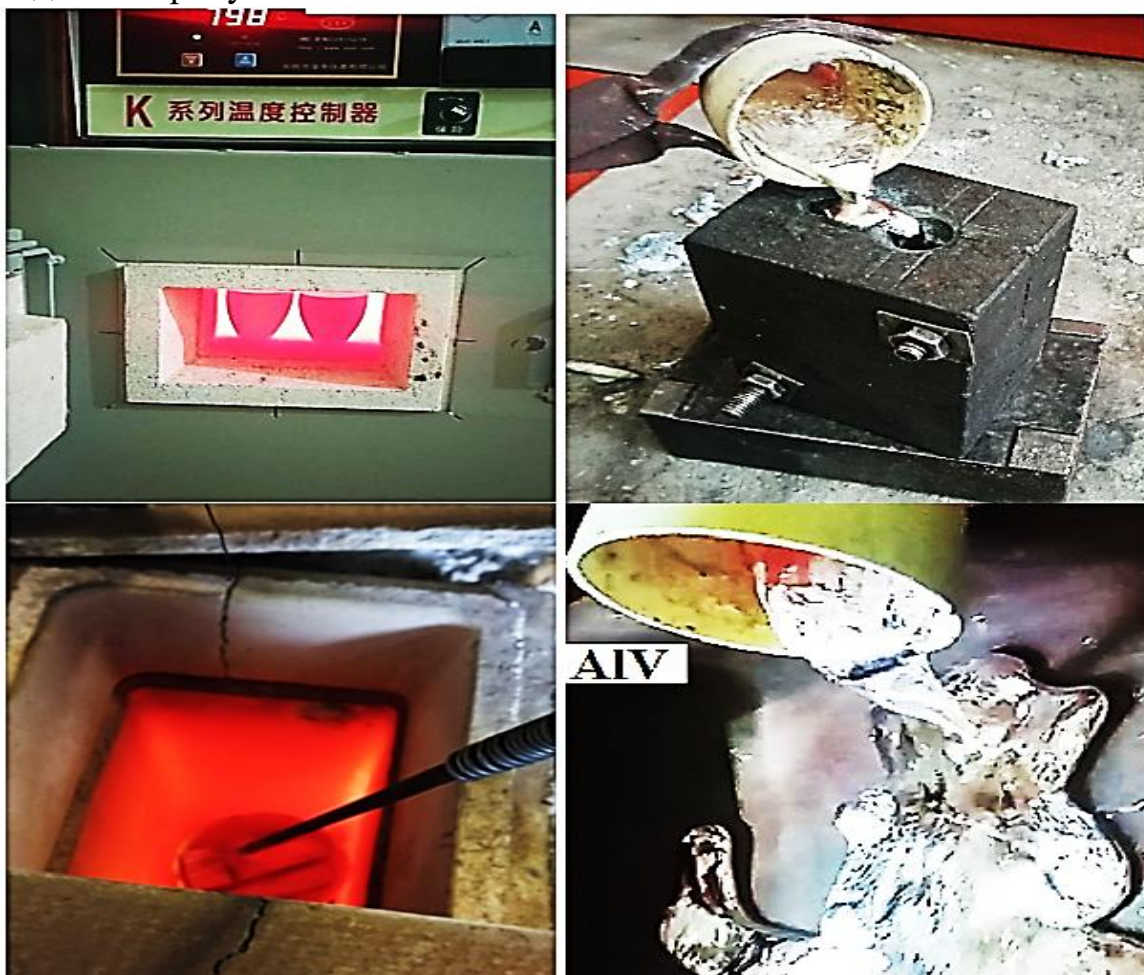
В качестве примера на рисунке 2 представлена фотография образца алюминиевого проводникового сплава AlV0.1, содержащего 0,5 мас. % лития, натрия и калия.



**Рис. 2.** Образцы из алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с 0.5 мас. % литием, натрием и калием для рентгенофазового анализ

Тройные сплавы, представляющие собой алюминиевый проводниковый сплав AlV0.1, легированный литием, натрием и калием, получали в шахтной лабораторной печи сопротивления типа СШОЛ при температуре 800 °С. Содержание лития, натрия и калия в сплавах варьировалось в пределах 0,01–0,5 мас. %.

Металлический ванадий вводился в алюминиевый расплав с использованием лигатуры Al + 1,0 мас. % V, приготовленной из алюминия марки А5 (99,5 %, ГОСТ 11069) и ванадия марки ВнМ-1 (99,9 %, ГОСТ 26473.13-85). В качестве источников щелочных металлов использовались литий марки ЛЭ-1 (чистота не менее 99,9 %, ГОСТ 8774-75), натрий металлический технический (ГОСТ 3273-75) и калий металлический технический (ГОСТ 10588-75) с чистотой порядка 98 %. Изображение процесса синтеза сплава AlV0.1, легированного литием, натрием и калием, приведено на рисунке 3.



*Рис. 3. Синтез сплава Al+0,1мас. %V с щелочными металлами*

Оксиды определяют коррозионную стойкость сплава. Например, плотный слой  $Al_2O_3$  защищает алюминий от дальнейшего окисления. Присутствие легирующих элементов (Li, Na, K) меняет механизм окисления и химический состав образующихся оксидов. Результаты позволяют

связать состав сплава с его эксплуатационными свойствами, например, с проводимостью, твердостью или устойчивостью к высокотемпературной коррозии [10].

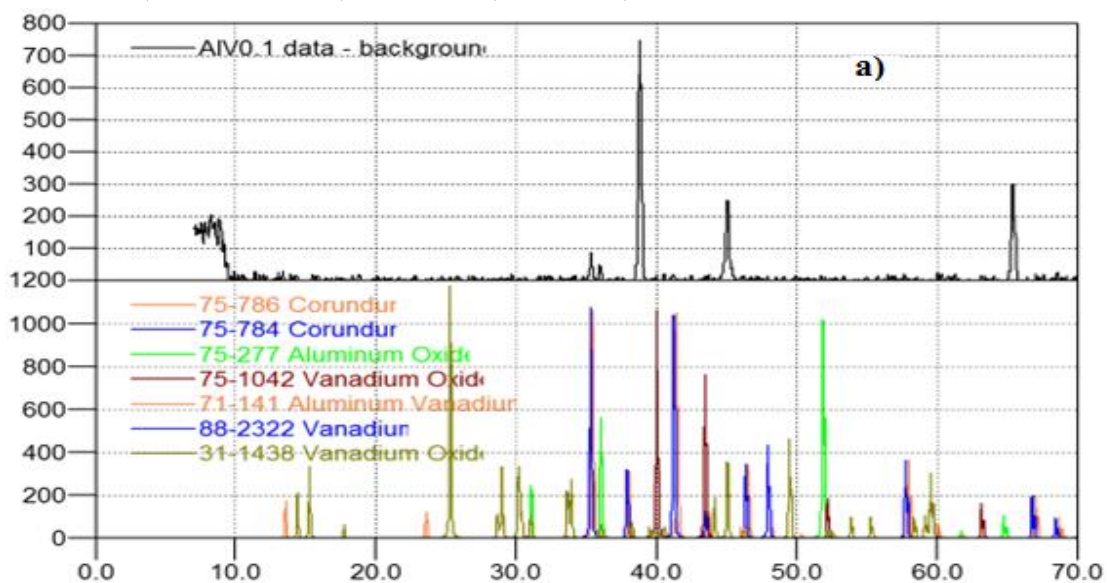
Дифрактограммы продуктов окисления, образующиеся при окислении алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с литием, натрием и калием, исследованы методом рентгенофазового анализа и представлены на рис. 4. По результатам рентгенофазового анализа продуктов окисления сплавов установлено, что при окислении образуются оксиды следующих составов:

➤ для исходного алюминиевого проводникового сплава AlV0.1-  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Al}_2\text{O}$ ;  $\text{VO}_{0,532}$ ;  $\text{V}_5\text{Al}_8$ ;  $\text{VO}_2$ .

➤ для алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с литием –  $\text{Li}_2\text{O}$ ;  $\text{LiVO}_2$ ;  $\text{LiV}_2\text{O}_5$ ;  $\text{Li}_{3,7}\text{VO}_2$ ;  $\text{Li}_2\text{O}_2$ ;  $\text{Li}_2\text{V}_2\text{O}_4$ ;  $\text{Al}_2\text{O}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{AlV}_2\text{O}_4$

➤ для алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с натрием –  $\text{Na}_2\text{Al}_{22}\text{O}_{34}$ ;  $\text{Na}_{1,71}\text{Al}_{11}\text{O}_{17}$ ;  $\text{NaAl}_{23}\text{O}_{35}$ ;  $\text{Na}_{0,287}\text{V}_2\text{O}_5$ ;  $\text{NaV}_6\text{O}_{15}$ .

➤ для алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с калием –  $\text{VO}$ ;  $\text{Al}_{21,86}\text{K}_{2,59}\text{O}_{34}$ ;  $\text{K}_{0,486}\text{V}_2\text{O}_5$ ;  $\text{K}_5\text{V}_3\text{O}_{10}$ ;  $\text{KV}_3\text{O}_8$ ;



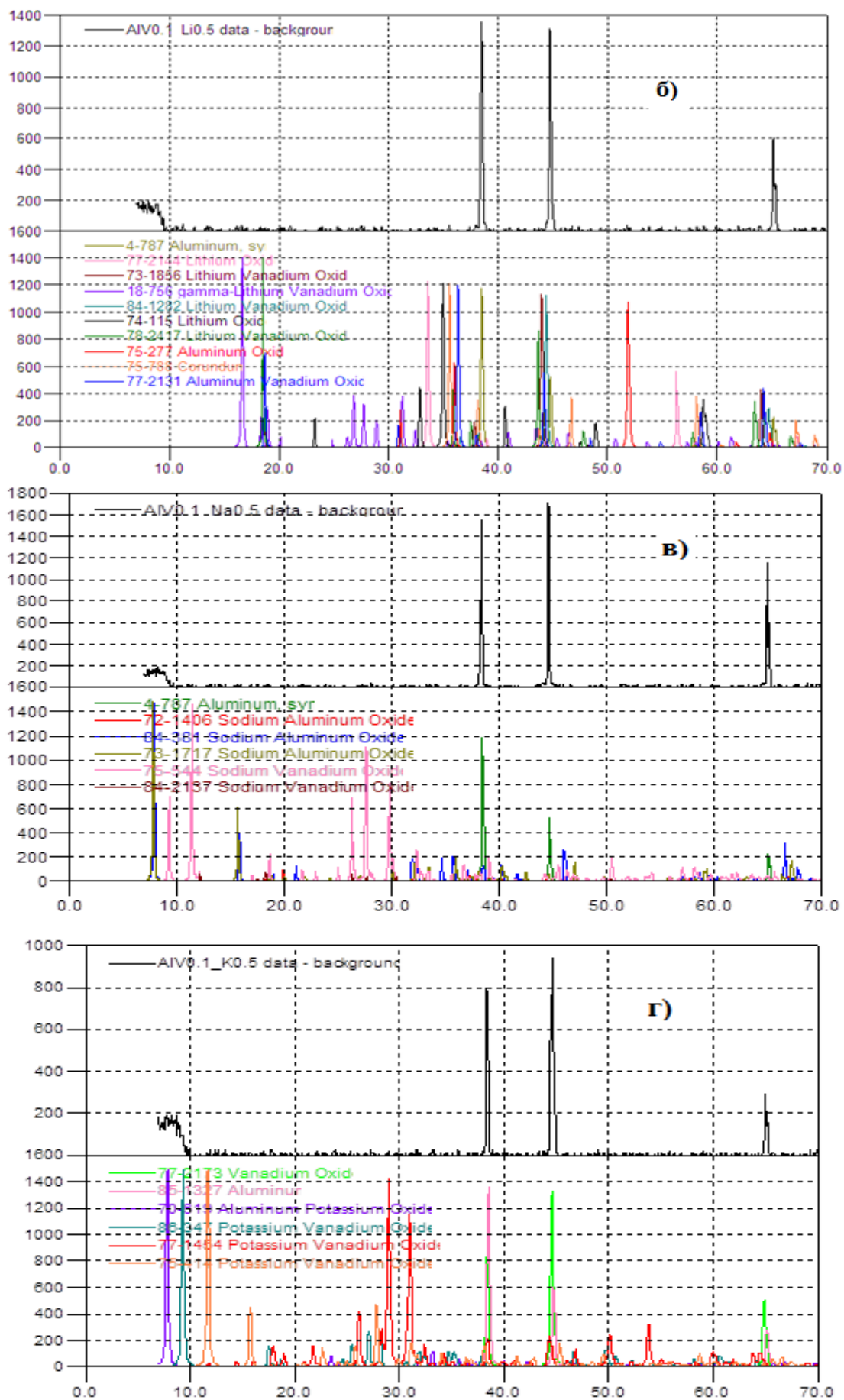


Рис. 4. Дифрактограммы продуктов окисления алюминиевого проводникового AlVO.1 (а) с литием (б), натрием (в) и калием (г)

Особенно это заметно проявляется, если элемент является поверхностно-активным, обладает высоким давлением пара и большим сродством к кислороду. На состав оксидной пленки сильно влияют металлы с свободной энергией образования оксидов, большей соответствующей энергии оксида сплавообразующего элемента отнесённой к молю кислорода. К таким металлам относятся щелочные металлы, которые имеют соотношение Пиллинга-Бедворса меньше 1 и являются поверхностно-активными.

В нашем случае оксиды лития, натрия и калия входя в состав продуктов окисления алюминиевого проводникового AlV0.1 нарушают сплошность оксидной плёнки основного металла – алюминия.

### **Выводы**

Рентгенофазовый анализ представляет собой один из важнейших методов в области материаловедения и химии, предназначенный для исследования кристаллических структур веществ.

Методом рентгенофазового анализа установлено, что продукты окисления алюминиевого проводникового сплава AlV0.1, легированного литием, натрием и калием, состоят из следующих оксидных соединений:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}$ ,  $\text{VO}_{0.532}$ ,  $\text{V}_5\text{Al}_8$ ,  $\text{VO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{LiVO}_2$ ,  $\text{LiV}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Li}_{0.37}\text{VO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{V}_2\text{O}_4$ ,  $\text{AlV}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{Al}_{22}\text{O}_{34}$ ,  $\text{Na}_{1.71}\text{Al}_{11}\text{O}_{17}$ ,  $\text{NaAl}_{23}\text{O}_{35}$ ,  $\text{Na}_{0.287}\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NaV}_6\text{O}_{15}$ ,  $\text{VO}$ ,  $\text{Al}_{21.86}\text{K}_{2.59}\text{O}_{34}$ ,  $\text{K}_{0.486}\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_5\text{V}_3\text{O}_{10}$ ,  $\text{KV}_3\text{O}_8$ .

Исследование продуктов окисления сплавов, в частности оксидной плёнки, формирующейся при нагреве на поверхности образцов, позволяет получить важную информацию о механизме их окисления. Оксидная плёнка — это продукт взаимодействия металла с кислородом воздуха, образующийся на поверхности сплава и снижающий его химическую активность.

### **Литератур**

1. *Усов В.В., Займовский А.С.* Проводниковые, реостатные и контактные материалы. Материалы и сплавы в электротехнике Том II. -М.: Госэнергоиздат, 1957-184 с.
2. *Луц А.Р., Суслина А.А.* Алюминий и его сплавы. Самара: Самарск. гос. тех. универ. 2013-81 с.
3. *Белецкий В.М., Кривов Г.А.* Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение). - Под ред. *И.Н. Фридляндера.* К.: Комитех. 2005-365с.
4. Алюминиевые сплавы: свойства, обработка, применение / Отв. ред. *Л.Х. Райтбарг.* - Изд. 13-е, перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1979. -679 с.
5. Промышленные алюминиевые сплавы. отв. ред. *М.Б. Альтман.* М: Металлургия, 1984. -528 с.

6. *Васильев Е.Б., Ленская Е.В.* Тенденции развития кабельной промышленности в странах Юго-Восточной Азии (Заседание Генеральной Ассамблеи АВССА 2020) // Кабели и провода. 2021. № 1 (387). С. 35-43.
7. *Мондольфо Л.Ф.* Структура и свойства алюминиевых сплавов / Пер. с англ. – М. Металлургия. 1979. – 640 с.
8. *Васильев Е.К.* Качественный рентгенофазовый анализ / Под ред. С. Б. Брандта. – Новосибирск: Наука, 1986. – 195с.
9. *Недома И.* Расшифровка рентгенограмм порошков / Под ред. Л.Н. Расторгуева. – М.: Металлургия, 1975. – 423с.
10. *Миркин Л.И.* Рентгеноструктурный анализ: Индицирование рентгенограмм: Справочное руководство / Л. И. Миркин. – М.: Наука, 1981. – 495с.

### СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОВОДНИКОВОГО СПЛАВА AlV0.1 С ЛИТИЕМ, НАТРИЕМ И КАЛИЕМ

**Аннотация.** Методом рентгенофазового анализа был определён фазовый состав продуктов окисления алюминиевого проводникового сплава AlV0.1, легированного литием, натрием и калием, а также установлена их роль в механизме окисления. Во всех рассматриваемых процессах решающим фактором применения наноструктурированных материалов выступает их химический и фазовый состав. Результаты РФА показали, что при окислении сплава AlV0.1, содержащего литий, натрий и калий, формируются следующие оксидные соединения:  $Al_2O_3$ ,  $Al_2O$ ,  $VO_{0.532}$ ,  $V_5Al_8$ ,  $VO_2$ ,  $Li_2O$ ,  $LiVO_2$ ,  $LiV_2O_5$ ,  $Li_{0.37}VO_2$ ,  $Li_2O_2$ ,  $Li_2V_2O_4$ ,  $AlV_2O_4$ ,  $Na_2Al_{22}O_{34}$ ,  $Na_{1.71}Al_{11}O_{17}$ ,  $NaAl_{23}O_{35}$ ,  $Na_{0.287}V_2O_5$ ,  $NaV_6O_{15}$ ,  $VO$ ,  $Al_{21.86}K_{2.59}O_{34}$ ,  $K_{0.486}V_2O_5$ ,  $K_5V_3O_{10}$ ,  $KV_3O_8$ .

**Ключевые слова:** алюминиевый проводниковый сплав AlV0.1, литий, натрий, калий, рентгенофазового анализа, продукт окисления.

### SYNTHESIS AND X-RAY PHASE ANALYSIS OF OXIDATION PRODUCTS OF ALUMINUM CONDUCTOR ALLOY AlV0.1 WITH LITHIUM, SODIUM AND POTASSIUM

**Annotation.** The X-ray phase analysis method was used to determine the phase composition of the oxidation products of aluminum conductor alloy AlV0.1 doped with lithium, sodium and potassium, and also established their role in the mechanism of oxidation. In all the processes under consideration, the decisive factor in the use of nanostructured materials is their chemical and phase composition. The results of XRD showed that the oxidation of the alloy AlV0.1 containing lithium, sodium and potassium oxide are formed following connections:  $Al_2O_3$ ,  $Al_2O$ ,  $VO_{0.532}$ ,  $V_5Al_8$ ,  $VO_2$ ,  $Li_2O$ ,  $LiVO_2$ ,  $LiV_2O_5$ ,

$\text{Li}_{0.37}\text{VO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{V}_2\text{O}_4$ ,  $\text{AlV}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{Al}_{22}\text{O}_{34}$ ,  $\text{Na}_{1.71}\text{Al}_{11}\text{O}_{17}$ ,  $\text{NaAl}_{23}\text{O}_{35}$ ,  $\text{Na}_{0.287}\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NaV}_6\text{O}_{15}$ ,  $\text{VO}$ ,  $\text{Al}_{21.86}\text{K}_{2.59}\text{O}_{34}$ ,  $\text{K}_{0.486}\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_5\text{V}_3\text{O}_{10}$ ,  $\text{KV}_3\text{O}_8$ .

**Keywords:** aluminum conductor alloy AlV0.1, lithium, sodium, potassium, X-ray phase analysis, oxidation product.

## СИНТЕЗ ВА ТАҲЛИЛИ РЕНТГЕНОФАЗАИ ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ АЛЮМИНИЙИ НОҚИЛӢ АlV0.1 БО ЛИТИЙ, НАТРИЙ ВА КАЛИЙ

**Аннотатсия.** Бо усули таҳлили рентгенофаза таркиби фазаи маҳсулоти оксидшавии хӯлаи алюминийи ноқили AlV0,1 бо литий, натрий ва калий муайян карда шуд. Дар ҳамаи равандҳои баррасишаванда омили ҳалқунандаи истифодаи маводи наносохторшуда таркиби химиявӣ ва фазаи онҳо мебошад. Натиҷаҳои РФА нишон доданд, ки ҳангоми оксидшавии хӯлаи AlV0.1, ки дорои литий, натрий ва калий мебошад, пайвастагиҳои оксидии зерин ташаккул меебанд:  $\text{AlO}_3$ ,  $\text{AlO}$ ,  $\text{VO}_{..532}$ ,  $\text{V}_5\text{Al}_8$ ,  $\text{VO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{LiVO}_2$ ,  $\text{LiV}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Li}_{0.37}\text{VO}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{V}_2\text{O}_4$ ,  $\text{AlV}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{Al}_{22}\text{O}_{34}$ ,  $\text{Na}_{1.71}\text{Al}_{11}\text{O}_{17}$ ,  $\text{NaAl}_{23}\text{O}_{35}$ ,  $\text{Na}_{0.287}\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{NaV}_6\text{O}_{15}$ ,  $\text{VO}$ ,  $\text{Al}_{21.86}\text{K}_{2.59}\text{O}_{34}$ ,  $\text{K}_{0.486}\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_5\text{V}_3\text{O}_{10}$ ,  $\text{KV}_3\text{O}_8$ .

**Калимаҳои калидӣ:** хӯлаи ноқили алюминийи AlV0.1, литий, натрий, калий, таҳлили рентгенофаза, маҳсули оксидшавӣ.

**Сведения об авторах:** Курбонов Далердҷон Чилаевич (Мирзоализода Далер Чилла) – PhD докторант ГНУ «Института химии В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана» Адрес: Республика Таджикистан, 734063, г. Душанбе, пр. Айни 299/2, телефон: (+992) 93-572-88-99.

**Ганиев Изатулло Наврузович** – доктор химических наук, профессор, академик Национальной академии наук Таджикистана, заведующий лабораторией «Коррозионностойке материалы» ГНУ «Институт химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана», E-mail: [ganiev48@mail.ru](mailto:ganiev48@mail.ru)

**Окилов Шаҳром Шукурбоевич** – к.т.н., старший научный сотрудник Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана, E-mail: [Okilov70070@mail.ru](mailto:Okilov70070@mail.ru)

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Курбонов Далердҷон Чилаевич (Мирзоализода Далер Чилла) – PhD докторанти МДИ “Институт химии ба номи В.И. Никитин Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, 734063, шаҳри Душанбе, хиёбони Айни 299/2, телефон: (+992) 93-572-88-99.

**Ганиев Изатулло Наврузович** – д.и.х., профессор, академики Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, мудири озмоишгоҳи “Маводҳои ба коррозия устувор”-и Институту химии ба номи В.И.Никитини АМИТ, E-mail: [ganiev48@mail.ru](mailto:ganiev48@mail.ru)

**Окилов Шаҳром Шукурбоевич** – ходими калони илмии Институту химии ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: [Okilov70070@mail.ru](mailto:Okilov70070@mail.ru)

**About the authors:** Kurbonov Dalerjon Chilayevich (Mirzoalizoda Daler Chilla) – is a PhD doctoral student at the V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Address: 299/2 Aini, Dushanbe, 734063, Republic of Tajikistan, phone: (+992) 93-572-88-99.

**Ganiev Izatullo Navruzovich** – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Head of the Laboratory "Corrosion-resistant Materials" of the V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan. E-mail: [ganiev48@mail.ru](mailto:ganiev48@mail.ru)

**Okilov Shahrom Shukurboevich** – is a Senior Researcher at the V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan, E-mail: [Okilov70070@mail.ru](mailto:Okilov70070@mail.ru)

Мақола ба редакция ворид шуд: 26.02.2026

Аз тақриз баргашт: 18.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 04.04.2026

**УДК 546.57: 577.15: 633.11**

**ТАЪСИРИ АКВАКОМПЛЕКСИ НУҚРА БО  
АМИНОКИСЛОТАҶО БА РАВАНДҶОИ БИОХИМИЯВӢ  
ДАР ДОНАҶОИ ГАНДУМИ САБЗИДАШУДА**

**Пирназаров А.Ш., Гулов Т.Ё., Бобизода Ғ.М., \*Абдулоев А.  
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айни  
\*Институти ботаника, генетика ва физиологияи растаниҳо**

**Муқаддима.** Сабзиши донии гандум марҳилаи калидии ибтидоии ҳаёти растанӣ ба ҳисоб рафта, самаранокии афзоиш, рушд ва ташаккули ҳосили ниҳоиро муайян менамояд. Раванди сабзиш аз маҷмӯи омилҳои муҳити зист, аз ҷумла миқдори об, дастрасии оксигени атмосфера ва ҳарорати оптималӣ вобастагии зиҷ дорад. Таъмин гардидани ин шартҳо боиси фаъол шудани равандҳои мубодилаи моддаҳо дар дон, афзоиши шиддати нафаскашӣ ва суръат гирифтани рушди ҳуҷайраҳо мегардад. Сатҳи нафаскашӣ ҳамчун яке аз нишондиҳандаҳои муҳими физиологӣ барои арзёбии ҳолати функционалӣ ва қобилияти сабзиши ғалла хизмат мекунад.

Раванди сабзиши донии гандум одатан ба се марҳилаи асосӣ ҷудо карда мешавад: марҳилаи варамкунии дон ҳангоми ҷабби об ва оғоз ёфтани мубодилаи моддаҳо; марҳилаи кафидан ва фаъолшавии нашъунамои ибтидоӣ, ки бо дарозшавии ҳуҷайраҳо дар меҳвари дон алоқаманд аст; инчунин марҳилаи ташаккули ниҳол, ки бо рушди минбаъдаи узвҳои ҷавони растанӣ тавсиф меёбад. Дар ҳар яке аз ин марҳилаҳо чараёни равандҳои гуногуни биохимиявӣ ба амал омада, ба таъсири омилҳои беруна ҳассос мебошанд.

Дар солҳои охир таваҷҷуҳи муҳаққиқон ба ҷустуҷӯ ва истифодаи моддаҳо ва доруҳои равона гардидааст, ки метавонанд суръати сабзишро баланд бардошта, сифати физиологӣ ва технологияи ғалларо беҳтар намоянд. Натиҷаҳои тадқиқотҳо нишон медиҳанд, ки истифодаи препаратҳои ферментии селлюлолитикӣ, аз ҷумла Celloviridin G20x, ки дорои маҷмӯи селлюлазаҳо, β-глюканазаҳо ва ксиланазаҳо мебошад, ба фаъолшавии равандҳои дохилии дон

мусоидат мекунад. Илова бар ин, нанобиокомпозитҳои аз ашёи растанӣ ҳосилшуда, ки бо усулҳои механикохимиявӣ фаъолсозӣ тайёр мегарданд, метавонанд давомнокӣ ва ҳарорати сабзиши донро коҳиш диҳанд.

Таъсири мусбати як қатор доруҳои биологӣ ва минералӣ, аз қабилӣ «Гумат-80» ва «Фертилият», ба беҳтар шудани сабзиши дон ва баланд гардидани нишондиҳандаҳои сифатии он дар таҳқиқотҳои қаблӣ исбот шудааст. Ҳамзамон истифодаи препаратҳои ферментии Dipetyl Clarification, Celloveridin GN-10 ва аналоги он CelloLux F бо коҳиш додани вақти сабзиш ва фаъолсозии чаббӣ об дар дон алоқаманд мебошад.

Бо вучуди ин, яке аз мушкилоти ҷиддии технологияи сабзонидани ғалла сатҳи баланди ифлосшавии микробиологӣ мебошад, ки метавонад ба сифати маҳсулоти нимтайёр ва маҳсулоти тайёр таъсири манфӣ расонад. Дар ин замина истифодаи оби электрохимиявӣ фаъол, аз ҷумла католит ва аналит, ҳамчун усули умедбахш барои коҳиш додани фаъолияти микроорганизмҳо ва беҳтар намудани ҳолати санитарии тухмӣ баррасӣ мегардад.

Бо дарназардошти аҳаммияти масъала, мақсади ин таҳқиқот омӯзиши таъсири аквакомплекси нуқра ва аргинин ба равандҳои сабзиши донаҳои гандум, суръати инкишофи онҳо ва беҳтар гардидани нишондиҳандаҳои физиологӣ ва сифатии ғалла мебошад.

Сабзиши дон яке аз марҳилаҳои асосии ибтидоии ҳаёти растанӣ маҳсуб ёфта, ба раванди афзоиш ва инкишофи он то давраи ҷамъоварии ҳосил таъсири ҳалкунанда мерасонад. Барои таъмин намудани сабзиши муътадили ғалла мавҷуд будани як қатор омилҳои муҳим зарур аст, аз ҷумла: миқдори кофии об (45–50%), дастрасии оксигени атмосфера барои нафаскашии дон ва ҳарорати оптималии муҳити атроф дар ҳудуди 18–24°C [4, с.56].

Ҳангоми зиёд шудани миқдори об дар донҳо дар шароити мусоид, равандҳои мубодилаи моддаҳо фаъол гардида, сатҳи нафаскашӣ ба ҳадди баланд мерасад. Нишондиҳандаи нафаскашӣ метавонад ҳамчун меъёри баҳодихии афзоиш ва рушди ғалла истифода шавад.

Раванди сабзиши донаи гандум одатан ба се марҳила ҷудо карда мешавад:

1. Варам кардани дон, ки бо ҷамъшавии об ва фаъолшавии мубодилаи моддаҳо алоқаманд аст;
2. Кафидан ё пошидани дон, ки оғози нашъунаморо нишон дода, бо дарозшавии ҳуҷайраҳо дар тӯли меҳвари дон тавсиф меёбад;
3. Инкишофи ниҳол.

Дар ҳар як марҳилаи сабзиш таъсири омилҳои гуногун боиси ҷараёни равандҳои муайяни биохимиявӣ мегардад. Бо назардошти ин, таҳқиқотҳо ба ҷустуҷӯи моддаҳои равона шудаанд, ки метавонанд суръати сабзишро баланд бардошта, сифати ғалларо беҳтар намоянд.

Дар таҳқиқоти [8, с.15, 9, с.374] истифодаи препарати ферментии селлюлолитикии **Celloviridin G20x** пешниҳод гардидааст, ки маҷмӯи

селлюлазаҳо, β-глюканазаҳо ва ксиланазаҳо дар бар гирифта, тавассути занбӯруғи *Trichoderma reesei* ҳосил карда мешавад.

Инчунин муайян шудааст, ки нанобиокомпозитҳои аз ашёи растанӣ бо усулҳои механикохимиявӣ фаъолсозӣ ҳосилшуда (MPN, ShR ва KL-06) давомнокӣ ва ҳарорати сабзишро коҳиш медиҳанд [6, с.105].

Тибқи натиҷаҳои кори [7, с. 94], истифодаи доруи «Гумат-80» дар концентратсияи 0,1 мг/л ва «Фертилият» дар ҳаҷми 1,5 мг/л маҳлули корӣ ба раванди сабзиши дон таъсири мусбат мерасонад.

Илова бар ин, доруҳои ферментии **Dipectyl Clarification, Celloveridin GH-10** ва аналоги он **CelloLux F** [2, с.932, 3, с.16] бо кам кардани вақти сабзиш ва фаъол гардондани чабби об дар дон фарқ мекунанд.

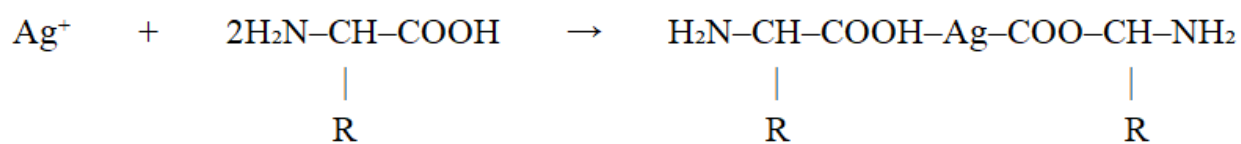
Яке аз масъалаҳои муҳими технологияи сабзонидани ғалла сатҳи баланди ифлосшавии микробиологӣ мебошад, ки ба сифати маҳсулоти нимтайёр ва тайёр таъсири манфӣ мерасонад [1, с.33]. Дар ин самт истифодаи оби электрохимиявӣ фаъол (ЭКА), аз ҷумла катодит ё аналит, ҳамчун усули умедбахш барои безараргардонии тухмӣ арзёбӣ мегардад, зеро онҳо дорои хусусиятҳои биосидӣ мебошанд [5, с.389].

Бо назардошти гуфтаҳои боло, мақсади ин мақола омӯзиши таъсири аквакомплекси нукра ва аргинин ба раванди сабзиши донаҳои гандум мебошад.

#### Мавод ва усул. Гирифтани маводи доругӣ.

Барои гузаронидани таҳқиқот оби электрохимиявӣ фаъол истифода гардид, ки бо ионҳои нукра ғанӣ гардонидани шудааст. Омодасозии об бо роҳи электрохимиявӣ анҷом дода шуда, концентратсияи ионҳои нукра дар маҳлули ниҳой то сатҳи  $10^{-8}$  мол/л расонида шуд. Ин концентратсия бо дарназардошти таъсири биологӣ ва хосиятҳои антимиқробии нукра, инчунин бехатар будани он барои равандҳои физиологии дон интиҳоб карда шуд.

Дар оби электрохимиявӣ тайёршуда аминокислотаи аргинин ҳал карда шуд. Аргинин ҳамчун яке аз аминокислотаҳои муҳим дар равандҳои мубодилаи моддаҳо, синтези сафедаҳо ва фаъолсозии рушди ҳуҷайраҳо нақши муҳим мебозад. Ҳангоми ҳамтаъсирии ионҳои нукра ( $Ag^+$ ) бо молекулаи аргинин ташаккули аквакомплекси устувор ба амал меояд, ки онро метавон бо реаксияи зерин ифода намуд:



Ташаккули чунин комплекс имконият медиҳад, ки таъсири нукра нармтар ва равона ба равандҳои физиологии сабзиш гардад, дар ҳоле ки аргинин ҳамчун моддаи биологӣ фаъол фаъолияти метаболикии донро тақвият медиҳад.

**Гузаронидани таҷриба.** Барои гузаронидани таҷриба тухмиҳои гандум ба ду гурӯҳ ҷудо карда шуданд: гурӯҳи таҷрибавӣ ва гурӯҳи назоратӣ. Тухмиҳои гурӯҳи таҷрибавӣ дар маҳлули омодашудаи аквакомплекси нукра ва

аргинин дар давоми 24 соат тар карда шуданд. Тухмиҳои гурӯҳи назоратӣ бошад, дар оби оддӣ дар ҳамон шароит нигоҳ дошта шуданд.

Пас аз анҷоми марҳилаи таркунӣ тухмиҳо дар шароити лабораторӣ барои сабзиш гузошта шуданд. Раванди сабзиш дар давоми 10 рӯз пайваста мушоҳида карда шуда, нишондиҳандаҳои асосии морфологӣ ва физиологӣ ба қайд гирифта шуданд. Аз ҷумла, вақти оғози сабзиш, якхелагии сабзидан ва суръати инкишофи навдаҳо таҳлил гардид.

Дарозии навдаҳои сабзида дар фосилаҳои муайян чен карда шуда, барои ҳар як гурӯҳ арзиши миёна ҳисоб карда шуд. Натиҷаҳои бадастомада барои муқоисаи таъсири маҳлули аквакомплекси нуқра ва аргинин бо шароити назоратӣ истифода гардиданд.

Пас аз анҷоми марҳилаи лабораторӣ, тухмиҳои сабзида ба замин шинонда шуданд, то ки қобилияти мутобиқшавӣ ва рушди минбаъдаи ниҳолҳо дар шароити табиӣ арзёбӣ гардад. Ин марҳила имкон дод, ки таъсири дарозмуддати маводи истифодашуда ба афзоиш ва рушди ибтидоии растанӣ муайян карда шавад.

**Муҳокимаи натиҷаҳо.** Натиҷаҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки дар марҳилаҳои ибтидоии таҷриба равандҳои физиологӣ ва биохимиявии сабзиши донаҳои гандум бо суръати гуногун чараён гирифтаанд. Дар рӯзи аввали мушоҳида донаҳои гандум, новобаста аз гурӯҳ, ба таври фаъол обро ҷабб намуда, варам карданд. Ин раванд марҳилаи аввали сабзиш — имбибитсияро инъикос намуда, барои оғози фаъолияти метаболӣ дар дохили дон заминаи зарурӣ фароҳам овард.

Бо вучуди ин, дар тухмиҳои, ки дар маҳлули доругӣ тар карда шуда буданд (4 пиёлаи таҷрибавӣ), аллақай дар рӯзи аввал пайдоиши нишонаҳои ибтидоии сабзиш, аз ҷумла сабзиши ягона, ба қайд гирифта шуд (расми 1). Дар гурӯҳи назоратӣ чунин равандҳо дар ин марҳила сусттар зоҳир гардиданд. Ин ҳолат аз он шаҳодат медиҳад, ки маҳлули истифодашуда ба фаъол гардидани равандҳои дохилии дон таъсири мусбат расонидааст.

Фаъолшавии барвақтии равандҳои сабзиш дар тухмиҳои таҷрибавӣ, эҳтимолан, бо тақвияти равандҳои биохимиявӣ вобаста мебошад. Аз ҷумла, баланд шудани фаъолияти ферментҳо, пеш аз ҳама пероксидаза, мушоҳида мегардад, ки он яке аз ферментҳои калидӣ дар марҳилаҳои ибтидоии сабзиш ба ҳисоб меравад. Пероксидаза дар танзими раванди нафаскашӣ, безараргардонии маҳсулоти оксидшавӣ ва оmodасозии муҳити ҳучайравӣ барои афзоиши минбаъда иштирок мекунад. Афзоиши фаъолияти ин фермент метавонад ҳамчун омили оғозкунандаи сабзиши тухмӣ хизмат намояд.

Дар марҳилаи минбаъда донаҳо на танҳо варам карданд, балки бо оксиген низ сер шуданд. Ин боиси фаъол гардидани тамоми равандҳои мубодилаи моддаҳо дар ҳучайраҳои васеъшаванда гардид. Маҳз дар ҳамин давра тақсимшавӣ ва дарозшавии ҳучайраҳо оғоз ёфта, захираҳои ғизоии эндосперм ба моддаҳои барои нашъунамои ниҳол дастрас табдил меёбанд. Ин давра дар

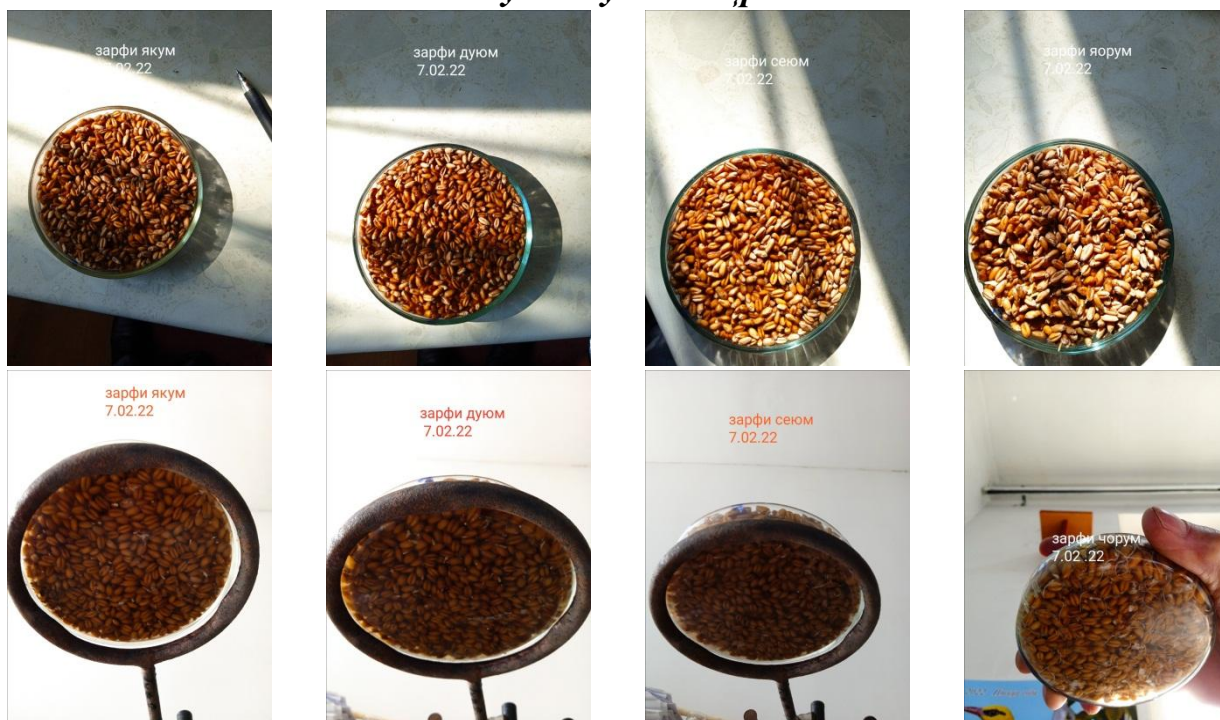
адабиёти илмӣ бо номи «пипинг» маъруф аст ва ҳамчун гузариш аз ҳолати оромӣ ба сабзиши фаъол тавсиф меёбад.

Донае, ки дар он нӯги решаи чанин аз қабати муҳофизатии дона (перикарп) раҳна шуда мебарояд, дар таҷриба ҳамчун нишонаи возеҳи оғози сабзиш ба қайд гирифта шуд. Дар шароити таҷрибавӣ чунин ҳолат махсусан дар рӯзи сеюми таҷриба равшан мушоҳида гардид. Дар ин марҳила фарқияти байни гурӯҳҳои таҷрибавӣ ва назоратӣ боз ҳам аёнтар шуд. Дар пиёлаҳои боқимонда низ падидаи пипинг ба қайд гирифта шуд, вале дар тухмиҳои коркардшуда он бо шиддати бештар ва якхелагии баландтар зоҳир гардид.

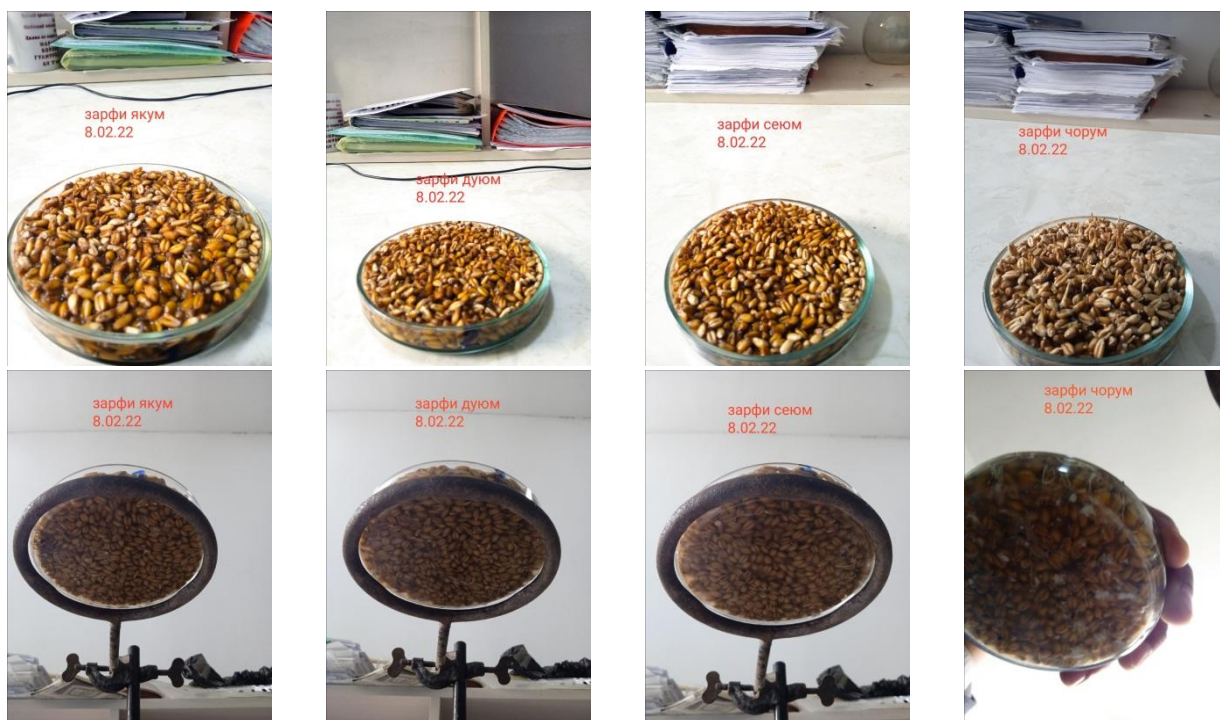
Тухмиҳое, ки бо маҳлули доругӣ коркард шуда буданд, қариб пурра аз тухм баромада, сабзиши яксон ва фаъоли онҳоро нишон доданд (расми 2). Ин ҳолат далели он мебошад, ки аквакомплекси нукра ва аргинин на танҳо суръати сабзишро метезонад, балки қобилияти физиологии тухмиро барои гузариш ба марҳилаи фаъоли рушд беҳтар менамояд. Аргинин ҳамчун аминокислотаи биологӣ фаъол метавонад дар синтези сафедаҳо, тақвияти мубодилаи нитроген ва танзими афзоиши ҳуҷайраҳо иштирок намояд, дар ҳоле ки ионҳои нукра бо хосиятҳои антимиқробии худ муҳити мусоидро барои рушди тухмӣ таъмин мекунанд.

Ҳамин тавр, натиҷаҳои таҳқиқот нишон медиҳанд, ки коркарди тухмиҳои гандум бо маҳлули аквакомплекси нукра ва аргинин ба фаъолшавии барвақтии равандҳои биохимиявӣ, тезонидани марҳилаҳои ибтидоии сабзиш ва баланд гардидани якхелагии сабзиши тухмӣ мусоидат менамояд. Ин таъсир метавонад дар оянда ба беҳтар шудани рушди ниҳолҳо ва баланд гардидани ҳосилнокии зироат замина гузорад.

### *Рӯзи якуми таҷриба*



*Расми 1. Тухмиҳо дар рӯзи дуюми таҷриба*



**Рас. 2.** Тухмҳо дар рӯзи сеюми таҷриба

Рӯзи дигар, пайдоиши решаҳо ва афзоиши ниҳолҳо дар тухмиҳои бо доруҳо коркардшуда қайд карда шуданд (расми 3).

Пас аз ин, давраи сеюми нашъунамо оғоз меёбад, ки бо нашъунамои босуръати навдаҳо ва решаҳои навниҳол ҳамроҳ мешавад.

Дар айни замон фаъолияти пероксидаза дар кисми ҳавои 1,8-2,0 баробар, дар решаҳо 12-14, дар донаҳо 4-5 баробар меафзояд. Ҳамин тариқ, пероксидаза қобилиятнокии донаҳои нофаълро нигоҳ медорад ва ҳангоми нашъунамои онҳо зарур аст. Дар донаҳои нофаъл, ин фермент дар оксидаза ва пероксидазаҳои пайвастаҳои гуногун иштирок мекунад. Дар натиҷаи ин реаксияҳо, об ба вучуд меояд, ки барои нашъунамои ғалладона зарур аст. Ҳамин тариқ, пероксидаза ва дигар ферментҳои, ки дар равандҳои оксидшавӣ иштирок мекунанд, чанин донро бо об таъмин мекунанд.

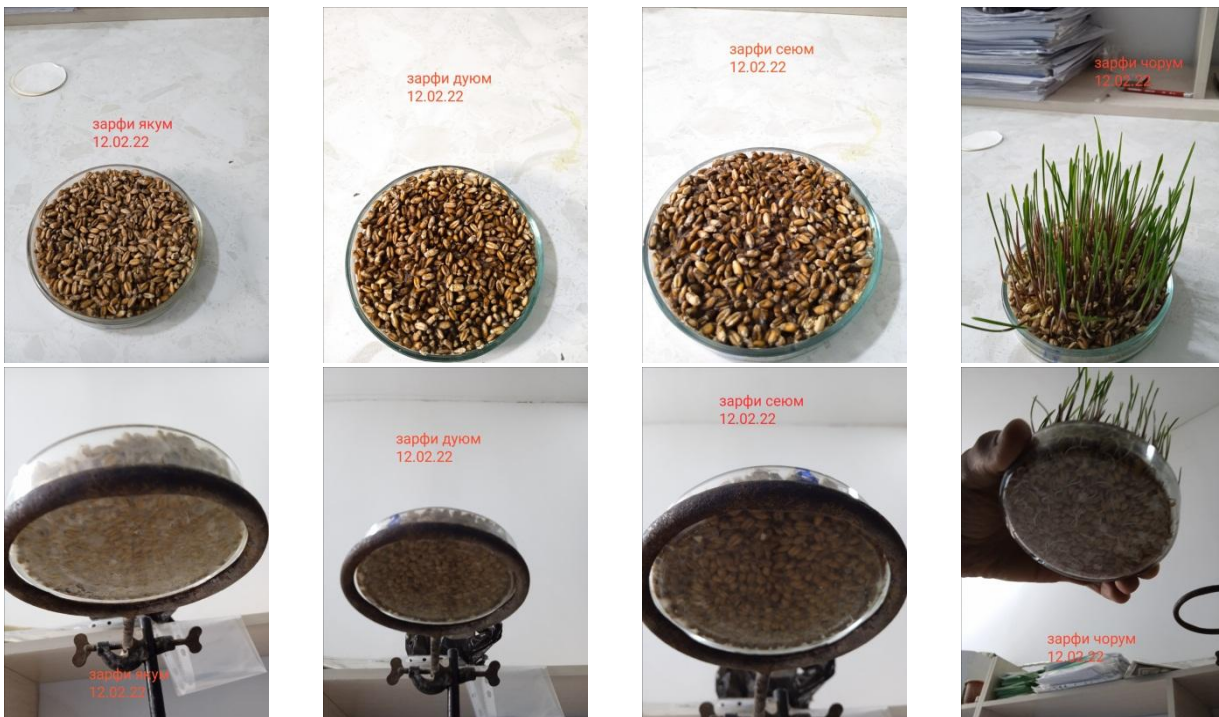
### **Рӯзи чоруми таҷриба**





Пас аз шаш рузи таҷриба тухмиҳое, ки бо дору кор карда шуда буданд, сабзида дарозии то 10 сантиметр пайдо карданд, системаи решаи онҳо қариб ба вучуд омадааст (расми 4).

Пас аз даҳ рӯзи таҷриба тухмии бо перепарат кор кардашуда 1-1,5 сантиметр нашъунамо мекунанд (расми 5). Ин дар муқоиса бо тухмие, ки дар об сабзида буданд, фаъол шудани равандҳои биохимиявӣ дар ғалларо нишон медиҳад.



*Рас. 4. Тухмиҳо дар рӯзи шашуми таҷриба*

***Рӯзи ёздаҳуми таҷриба***



*Рас. 5. Тухмиҳо нас аз таҷриба*

Мавҷудияти қобилияти оромӣ (дормантӣ) дар ғалладона яке аз механизмҳои муҳими ҳифзи намудҳои растанӣ ба ҳисоб меравад. Ин хусусият ҳамчун мероси эволюсионӣ ҳам дар тухми растаниҳои худрӯй ва ҳам дар тухми зироатҳои кишоварзӣ боқӣ мондааст. Ҳолати оромии тухмӣ ба растаниҳо имконият медиҳад, ки дар шароити номусоиди муҳити зист, аз ҷумла норасоии намӣ ё ҳарорати паст, дар ҳок захираи устувори тухмиро ташкил намоянд ва то фаро расидани шароити мусоид қобилияти ҳаётии худро нигоҳ доранд.

Бо анҷом ёфтани давраи оромӣ ва оғози сабзиш, равандҳои физиологӣ ва биохимиявӣ дар дона фаъол мегарданд. Дар марҳилаи аввали нашъунамо рушди фаъоли реша ва навдаҳои гандум оғоз мешавад. Ҳамзамон, дар эндосперм ва котиледонҳо зерҳои таъсири ферментҳо ва дар ҳузури об таъзияи моддаҳои баландмолекулавӣ (сафедаҳо, полисахаридҳо ва липидҳо) ба пайвастагиҳои ҳалшавандаи каммолекулавӣ ба амал меояд. Дар эндосперм асосан равандҳои гидролизӣ чараён мегаранд, дар ҳоле ки дар ҷанин равандҳои синтези моддаҳои нави органикӣ фаъол мешаванд.

Маҳсулоти гидролиз, яъне моддаҳои каммолекулавӣ, дар об ҳал шуда, аз эндосперм ба ҷанин интиқол меёбанд. Дар ҷанин онҳо бо иштироки ферментҳо дар равандҳои биосинтези истифода шуда, асоси ташаккули бофтаҳо ва узвҳои растаниҳои ҷавонро ташкил медиҳанд. Баланд шудани фаъолияти ферментҳо, махсусан комплекси амилаolitikӣ, нишонаи равшани тағйироти амиқи биохимиявӣ дар донаи сабзида мебошад. Дар ин марҳила фаъолияти  $\alpha$ -амилаза ба таври назаррас меафзояд.

Ҳамзамон, ферментҳои протеолитикӣ фаъол гардида, сафедаҳои захиравиро ба полипептидҳо ва аминокислотаҳо таъзия мекунанд. Дар ин раванд редуктазаҳои дисулфидии сафеда нақши муҳим мебозанд, зеро онҳо дар коҳиш ёфтани пайвандҳои дисулфидии сафедаҳо ва ташаккули гурӯҳҳои сулфгидрилӣ иштирок менамоянд. Дар эндосперми гандум дар давоми панҷ рӯзи аввали нашъунамо биосинтези фаъоли редуктазаи дисулфидии сафеда мушоҳида мегардад, ки бо афзоиши пайдарпайи фаъолияти он ҳамроҳ аст. Дар натиҷа, шумораи пайвандҳои дисулфидӣ дар глютен кам шуда, сохтори он суст мегардад.

Дар баробари ин, миқдори глутатиони озод дар дона зиёд мешавад, ки боиси фаъол гардидани як қатор ферментҳо, аз ҷумла пентосаназа мегардад. Ин фермент дар гидролизи пентозанҳо иштирок намуда, ба хусусиятҳои реологии хамир таъсири мустақим мерасонад.

Аз соатҳои аввали сабзиш дар дона миқдори крахмал тадриҷан кам мешавад. Дар ибтидои ин раванд коҳиши миқдори қандҳо ва сахароза ба назар мерасад, аммо баъдан афзоиши шадиди онҳо мушоҳида мешавад. Камшавии муваққатии қандҳо бо иштироки онҳо дар равандҳои нафаскашии интенсивии дона вобаста аст. Афзоиши минбаъдаи қандҳои коҳишдиҳанда аз он шаҳодат медиҳад, ки суръати таҷзияи ферментативии крахмал аз истеъмоли қандҳо дар нафаскашӣ бештар аст, ки ин бо баланд шудани фаъолияти  $\alpha$ -амилаза шарҳ дода мешавад. Дар натиҷаи ин равандҳо миқдори кислотаҳои органикӣ низ зиёд мегардад.

Дар чараёни нашъунамо инчунин камшавии миқдори равғанҳо ба қайд гирифта мешавад. Фаъолияти ферментҳои чун триацилглитсерин-липаза, липоксигеназа ва дигар ферментҳои марбут ба мубодилаи липидҳо ва кислотаҳои равғанӣ меафзояд. Зери таъсири протеазаҳо гидролизи сафедаҳои нигоҳдорӣ сурат гирифта, чамъшавии пептидҳо ва аминокислотаҳо ба амал меояд.

Аминокислотаҳои ҳосилшуда ба қисмҳои фаъолони рушдбандаи тухм интиқол меёбанд. Қисме аз онҳо аз эндосперм ба ҷанин бетағйир мегузаранд, дар ҳоле ки қисми дигар дар натиҷаи табдилёбии кислотаи глутамин ва кислотаи аспарагин ба глутамин ва аспарагин ба вучуд меоянд. Дар ин раванд сипар (скутеллум) нақши калидӣ мебозад: он на танҳо роҳи интиқоли моддаҳо байни эндосперм ва ҷанин аст, балки инчунин миқдори зиёди ферментҳоро дар бар гирифта, бисёр пайвастагиҳои барои ҳаёти растании ҷавон заруриро синтез мекунад.

Ҳангоми сабзиш парокандашавии агрегатҳои глютен ва протеолизи қисмани сафедаҳо ба мушоҳида мерасад. Дар натиҷа, дар дона миқдори сафедаҳои дар об ҳалшаванда ва моддаҳои ғайрипротеинӣ меафзояд. Миқдори аминокислотаҳои озод дар донаи гандум баъди се рӯзи сабзиш то 7 маротиба ва баъди панҷ рӯз то 10 маротиба зиёд мешавад. Нобудшавии асосии глютен дар рӯзи панҷуми нашъунамо ба қайд гирифта шудааст.

Дар ин марҳила шумораи пайвандҳои дисулфидӣ зуд кам шуда, миқдори гурӯҳҳои сулфгидрилӣ меафзояд. Дар рӯзи аввали нашъунамо шумораи пайвандҳои дисулфидӣ дар сафедаҳои ғайриглютенӣ тақрибан 50% коҳиш меёбад; пеш аз ҳама пайвандҳои дисулфидии албуминҳо ва глобулинҳо вайрон мешаванд. Дар сафедаҳои глютенӣ коҳиши пайвандҳои дисулфидӣ дар рӯзи аввал 19%-ро ташкил медиҳад. Сабзиш дар давоми се рӯз боиси 63,5% кам шудани шумораи умумии пайвандҳои дисулфидӣ ҳам дар сафедаҳои глютенӣ ва ҳам ғайриглютенӣ мегардад. Тақсимшавии пайвандҳои дисулфидии «пинҳон»-и глютен (58%) боиси вайроншавии сохтори он, кам шудани миқдор

ва якбора паст шудани сифати глютен мегардад. Тағйирёбии сифати глютен бо таносуби пайвандҳои дисулфидӣ тавсиф мешавад: дар донаи пухта — 33,4; баъди 1 рӯзи нашъунамо — 23,9; ва баъди 3 рӯз — 5,8.

Пас аз коштани донаҳои сабзидашуда ба замин, нашъунамои фаёлтар ва босуръати ниҳолҳо мушоҳида мешавад (расми 6, қатор 2).

Пас аз ба замин шинондани донаи сабзидашуда нашъунамои фаёлтари ниҳолҳо ба назар мерасад (расми 6, кати 2).



**Рас. 6.** Дар замин сабзидани тухмиҳо

Ҳамин тариқ, муайян карда шуд, ки аквакомплекси нукра дар якҷоягӣ бо аргинин ба фаёлияти ферментҳои мавҷуда дар дона таъсир расонида, сабзиши ғалладонаро тақвият медиҳад.

**Хулоса.** Аквакомплекси нукра ва аргинин бо фаёл сохтани равандҳои биохимиявӣ дар ғалладона ба рушди босуръати сабзиш мусоидат намуда, ин таъсир пеш аз ҳама дар афзоиши дарозии навдаҳо ва нерӯи сабзиш ифода меёбад.

#### Адабиёт

1. *Веселова А.Ю.* Интенсификация предварительной подготовки злаковых культур в условиях разработки новой технологии // Вестник НГИЭИ. – 2011. – Т. 2. – № 6 (7). – С. 27-37.
2. *Дудко М.А., Сокол Н.В.* Изучение энергии прорастания высокобелковых сортов и линий пшеницы селекции КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко // Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса». – Краснодар: Изд. Куб-ГАУ – 2016. – С. 931-933.
3. *Дудко М.А., Сокол Н.В.* Разработка технологии зернового хлеба повышенной пищевой и биологической ценности на основе новых высокобелковых сортов и линий пшеницы селекции КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Якаевские чтения 2016». Ответственный редактор Ю.Г. Макаренко. – 2016. – С. 215-218.
4. *Казённова Н.К., Шнейдер Д.В., Казённов И.В.* Изменение химического состава зерновых продуктов при проращивании // Хлебопродукты. – 2013. – № 10. – С. 55-57.

5. *Нигматьянов А.А.* Разработка способа выращивания гидропонной кормовой добавки с использованием глауконита // В сборнике: Пища. Экология. Качество. Труды XIII международной научно-практической конференции. Ответственные за выпуск: *О.К. Мотовилов, Н.И. Пыжикова, Ницневская К.Н.* – 2016. – С. 387-391.
6. Регуляция солодоращения с помощью нанобиокомпозитов // Рожанская О.А., [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2014. – № 6. – С. 103-109.
7. *Раздубев В.П.* Биологическая полноценность зерна при проращивании с использованием люминесцентных ламп разных типов: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.02. – Сергиев Посад, 2004. – 94 с.
8. *Корячкина С.Я., Осипова Г.А., Хмелёва Е.В.* и др. совершенствование технологий хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий функционального назначения // Орел-2012. 273с.
9. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2006. – № 5. – С. 372-376.

## ТАЪСИРИ АКВАКОМПЛЕКСИ НУҚРА БО АМИНОКИСЛОТАҲО БА РАВАНДҲОИ БИОХИМИЯВӢ ДАР ДОНАҲОИ ГАНДУМИ САБЗИДАШУДА

**Фишурда.** Натичаи истифодаи аквакомплекси нуқра бо аминокислотаҳо барои коркарди тухмии пеш аз кишт оварда шудааст. Исбот шудааст, ки аквакомплекси нуқра ва аспарагин ба фаъол шудани равандҳои биохимиявӣ дар ғалладона мусоидат мекунад, фаъолияти пероксидазаро, ки марҳилаи пошиданро оғоз мекунад, зиёд мекунад. Дар марҳилаи нашъунамо ферментҳои сикли протеолитики, комплекси амилолитики ва сафедаи дисулфидредуктаза, пентосаназа, ферментҳои, ки дар табдили липидҳо ва кислотаҳои рағван иштирок мекунанд, фаъол мешаванд. Дар натича фаъол шудани комплекси ферментӣ дар назар ба гурӯҳи назорат 1—1,5 сантиметр зиёд шудани дарозии ниҳолҳои ғалладона ифода меёбад.

**Мақсади мақола.** Омӯзиши таъсири аквакомплекси нуқра ва аргинин ба сабзиши донаҳои гандум мебошад.

**Муҳокимаи натиҷаҳо.** Рузи аввал донаҳои гандум варам карда, аз об сер шуд. Дар тухмиҳои, ки дар дору (4 пиёла) тар карда шуда буданд, пайдоиши сабзидани ягона қайд карда шуд. Он дар рӯзи 3-юми таҷриба боз ҳам беҳтар мушоҳида шуд. Рӯзи дигар, пайдоиши решаҳо ва афзоиши ниҳолҳо дар тухмиҳои бо доруҳо коркардшуда қайд карда шуданд.

**Калидвожаҳо:** гандум, коркарди пеш аз кишт, аквакомплекс, аминокислотаҳо, равандҳои биохимиявӣ.

## **ВЛИЯНИЕ АКВАКОМПЛЕКСА С АМИНОКИСЛОТАМИ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРОРОСШИХ ЗЕРНАХ ПШЕНИЦЫ**

**Анотация.** Приводятся результаты применения аквакомплекса серебра с аминокислотами для предпосевной обработки семян. Показано, что аквакомплекс серебра и аспарагина способствует активации биохимических процессов в прорастающем зерне, увеличивается активность пероксидазы, начинающей этап проклевывания. На этапе прорастания активируются ферменты протеолитического цикла, амилолитического комплекса и протеиндисульфидредуктазы, пентозаназы, ферментов, участвующих в превращениях липидов и жирных кислот. Активация ферментного комплекса, в итоге, выражается в увеличении длины проростка зерна на 1-1,5 см больше по сравнению с контрольной группой.

**Цель статьи.** Является изучение влияния аквакомплекса серебра и аргинина на прорастание зерен пшеницы.

**Обсуждение результатов.** В первый день пшеничные зерна набухли и наполнились водой. У семян, замоченных в лекарстве (4 стакана), отмечено появление одиночных всходов. Еще лучше это наблюдалось на 3-й день эксперимента. На следующий день у обработанных препаратами семян отмечали появление корней и рост проростков.

**Ключевые слова:** пшеница, предпосевная обработка, аквакомплекс, аминокислоты, биохимические процессы.

## **EFFECT OF AQUACOMPLEX SILVER WITH AMINO ACIDS ON BIOCHEMICAL PROCESSES IN WHEAT GERMINATED GRAINS**

**Annotation.** The results of the application of silver aquacomplex with amino acids for pre-sowing seed treatment are presented. It has been shown that the aquacomplex of silver and asparagine contributes to the activation of biochemical processes in the germinating grain, increases the activity of peroxidase, which begins the pecking stage. At the germination stage, the enzymes of the proteolytic cycle, the amylolytic complex and protein disulfide reductase, pentosanase, enzymes involved in the transformation of lipids and fatty acids are activated. Activation of the enzyme complex, as a result, is expressed in an increase in the length of the grain seedling by 1-1.5 cm more compared to the control group.

**Purpose of the article.** Is the study of the effect of silver and arginine aquacomplex on the germination of wheat grains.

**The discussion of the results.** On the first day, the wheat grains swelled and filled with water. The seeds soaked in the medicine (4 cups) showed the appearance of single shoots. This was even better observed on the 3rd day of the experiment. The next day, the seeds treated with preparations noted the appearance of roots and the growth of seedlings.

**Key words:** wheat, pre-sowing treatment, aqua complex, amino acids, biochemical processes.

**Маълумот дар бораи муаллифон:**

**Пирназаров Абдурауф Шовалиевич** – ассистенти кафедраи химияи органикӣ ва биологии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ. Тел:(+992) 988592593. E-mail: [abdurauf-9696@mail.ru](mailto:abdurauf-9696@mail.ru).

**Гулов Тоир Ёрович** – мудири кфедраи химияи органикӣ ва биологии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айнӣ. Тел: (+992) 907807010. E-mail: [gulov1964@bk.ru](mailto:gulov1964@bk.ru).

**Бобизода Гуломқодир Мукамал** – д.и.б., д.и.ф., профессори кафедраи химияи органикӣ ва биологии Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С. Айнӣ Тел: (+992) 918170360. E-mail: [bobievgm@mail.ru](mailto:bobievgm@mail.ru).

**Абдуллоев Абдуманон** – д.и.б., профессор, узви вобастаи АМИТ, мудири озмоишгоҳи биохимияи фотосинтези ИБФГР. Тел:(+992) 918612842. E-mail: [abdumanon@mail.ru](mailto:abdumanon@mail.ru).

**Сведения об авторах: Пирназаров Абдурауф Шовалиевич** – ассистент кафедры органической и биологической химии Таджикского государственного педагогического университета им. С. Аини. Тел: (+992) 988-59-25-93. E-mail: [abdurauf-9696@mail.ru](mailto:abdurauf-9696@mail.ru);

**Гулов Тоир Ёрович** – Заведующий кафедрой органической и биологической химии Таджикского государственного педагогического университета им. С. Аини. Тел: (+992) 907807010. E-mail: [gulov1964@bk.ru](mailto:gulov1964@bk.ru);

**Бобизода Гуломқодир Мукамол** – д.б.н., д.ф.н., профессор кафедры органической и биологической химии Таджикского государственного педагогического университета им. С. Аини. E-mail: [bobievgm@rumbler.ru](mailto:bobievgm@rumbler.ru) Тел: (+992) 911248222.

**Абдуллоев Абдуманон** – д.б.н., профессор, ассоциированный член НАНТ, заведующий лабораторией по фотосинтетической биохимии ИБФГР. Тел: (+992) 918612842. E-mail: [abdumanon@mail.ru](mailto:abdumanon@mail.ru).

**Information about the authors: Pirnazarov Abdurauf Shovalievich** – Assistant of the Department of Organic and Biological Chemistry, Tajik State Pedagogical University named after S. Aini. Phone: (+992) 988592593. E-mail: [abdurauf-9696@mail.ru](mailto:abdurauf-9696@mail.ru).

**Gulov Toir Yorovich** – Head of the Department of Organic and Biological Chemistry, Tajik State Pedagogical University named after S. Aini. Phone: (+992) 907807010. E-mail: [gulov1964@bk.ru](mailto:gulov1964@bk.ru).

**Bobizoda Gulomkodir Mukammol** – Doctor of Biological Sciences, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of the Department of Organic and Biological Chemistry, Tajik State Pedagogical University named after S. Aini, E-mail: [bobievgm@rumbler.ru](mailto:bobievgm@rumbler.ru) Tel: (+992) 911248222.

**Abdulloev Abdumanon** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Associate Member of the National Academy of Science, Head of the Laboratory for Photosynthetic Biochemistry, Institute of Biochemistry. Phone: (+992) 918612842. E-mail: [abdumanon@mail.ru](mailto:abdumanon@mail.ru).

Мақола ба редакция ворид шуд: 27.02.2026

Аз тақриз баргашт: 12.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 17.04.2026

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ  
ГЛИЦЕРИНА**

**Олимова М.Р., \*Раджабзода С.И.**

**Дангаринский государственный университет**

**\*Таджикский государственный педагогический университет имени  
Садриддина Айни**

Простые эфиры глицерина являются биологически активными, и нашли широкое практическое применение в качестве эффективных лекарственных препаратов, полупродуктов для тонкого органического синтеза, растворителей для инъекций, регуляторов роста растений, реактивов, компонентов для парфюмерно-косметических изделий и т.д. Особенно важной является их роль и в протекании сложных физиологических процессов, в организме животных и растений. Различные пути синтеза и структурные особенности простых эфиров глицерина изложены в работе [1-4].

1,3-диоксоланы являются реакционноспособными соединениями, которые широко применяются в органическом синтезе, в производстве душистых веществ, физиологически активных препаратов, заказных химических реактивов.

Причем, в 1,3-диоксоланах наличие гидроксильной группы во втором положении приводит к усилению этого эффекта. Известны различные способы синтеза 1,3-диоксоланов. Один из них основан на конденсации оксиранов с оксосоединениями в присутствии эфирата  $BF_3$  или других кислот Льюиса [5].

Бензиловые эфиры глицерина, содержащие также остатки спиртов  $C_1 - C_{22}$  применяются в качестве полупродуктов для синтеза таких важных биологически активных веществ, как кефалин и лицитин [6].

Ряд простых эфиров 4-гидроксиметил-1,3-диоксолана, в частности эфирсодержащий бензильную группу при дозировке 0,05% полностью подавляет жизнедеятельность сульфатвосстанавливающих бактерий.

Такие соединения, продукты их химических превращений являются потенциально биологически активными, а некоторые из них рекомендованы в качестве лекарственных средств, пестицидов и т. д. [7-8].

Было установлено, что  $\alpha$ -моноаллиловый 1,3-дibenзиловый эфиры глицерина проявляют заметную гипотензивную и спазмолитическую

активность при его низкой токсичности. Некоторые представители 1,3-диалкиловых эфиров глицерина обладают антивирусной активностью.

Диоксоланы на основе глицерина используются в качестве реагентов для тонкого органического синтеза, для получения биологически активных соединений.

Циклические эфиры глицерина, т.е. 1,3-диоксоланы, также обладают выраженной биологической активностью и на их основе был создан ряд эффективных лекарственных препаратов, которые нашли успешное применение в медицинской практике [9-12].

На основе моноэфиров глицерина можно получать гетероциклические производные диоксоланового ряда. Производные 1,3-диоксоланов нашли практическое применение в качестве фармакологически активных препаратов и регуляторов роста растений [13-14].

Для определения LD<sub>50</sub> изучаемого препарата доза была доведена до 650 мг/кг, которая оказалась абсолютно смертельной. LD<sub>50</sub> изучаемого препарата, вычисленная по методу Кербера, составила 501 ± 17 мг/кг массы тела животных.

**Таблица 1.** Расчет токсичности (острой) по Керберу для препарата 4-этоксиметил-2,2-диэтоксиметил-1,3-диоксоланов

Дозы, мг/кг	350	400	450	500	550	600	650
Выжило	6	5	4	3	2	1	0
Погибло	0	1	2	3	4	5	6
<i>z</i>	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	
	100	50	50	50	50	50	
	50	45	125	175	225	275	

$$m = 6. \quad \Sigma(zd) = 50 + 45 + 125 + 175 + 225 + 275 = 895$$

$$LD_{50} = LD_{100} - \frac{\Sigma(zd)}{m} = 650 - \frac{895}{6} = 650 - 149 = 501 \text{ мг/кг.}$$

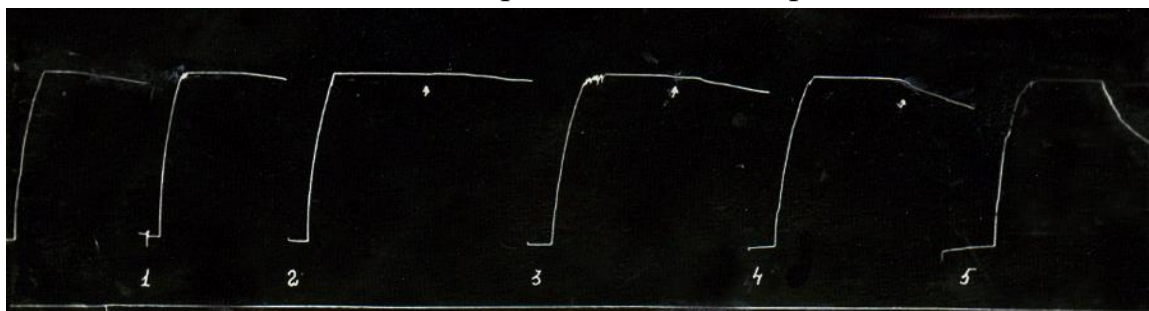
Нахождение стандартной ошибки:

$$s = \frac{LD_{84} - LD_{16}}{2} = \frac{600 - 400}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ мг/кг.}$$

$$\int LD_{50} = \sqrt{\frac{k \cdot s \cdot d}{n}} = \sqrt{\frac{0,564 \cdot 100 \cdot 58}{6}} = \sqrt{307,49} \approx 17,5 \approx 17 \text{ мг.}$$

LD<sub>50</sub> препарата 4-этоксиметил-2,2-диэтоксиметил-1,3-диоксолана - 501 ± 17 мг/кг.

Исследования проводились по методике У. Magnus (1904) на изолированном отрезке тонкой кишки крысы. Из свежеедекапитированных крыс извлекали кишечник, из которого готовили отрезки длиной 2-2,5 см.



**Рис.1.** Отрезок тонкой кишки крысы. 4-этоксиметил-2,2-диэтоксиметил-1,3-диоксоланов

1– ацетилхолин 10<sup>-5</sup> г/мл; 2– ацетилхолин + препарат 10<sup>-7</sup> г/мл; 3–ацетилхолин + препарат 10<sup>-6</sup> г/мл; 4 – ацетилхолин + препарат 10<sup>-5</sup> г/мл; 5 – ацетилхолин + препарат 10<sup>-4</sup> г/мл.

В ходе проведения скрининга, нами был рассчитан специальный индекс К, определяющий широту фармакологического действия препарата, т.е. отношение LD<sub>50</sub> к эффективной дозе ЭD<sub>50</sub>

$K = \frac{LD_{50}}{ЭD_{50}}$ , который представлен в таблице 2

**Таблица 2.** Широта фармакологического действия

Наименование	Эффективная доза (ЭD <sub>50</sub> ) мг/кг	Отношение LD <sub>50</sub> к ЭD <sub>50</sub>	Широта фармакол. действия К
1	2	3	4
4-этоксиметил-2,2-диэтоксиметил-1,3-диоксоланов	10	$K = \frac{501}{10}$	50.1
папаверин	10	$K = \frac{288}{10}$	28.8

Данные таблицы показывают, что токсические дозы исследуемых соединений превышают терапевтические в 50-77 раз, в то время как у

папаверина в 28.8 раз, что указывает на малую токсичность синтезированных соединений на основе глицерина.

**Таблица 3.** Результаты потенцирующего действия в дозе 50 мг/кг на снотворный эффект фенобарбитала (50 мг/кг)

Наименование	Доза мг/кг	Продолжительность сна в мин.
Б-1	50	43±1
4-этоксиметил-2,2-диэтоксиметил-1,3-диоксоланов	50	48±1
фенобарбитал	50	9.9 ± 1.0
$P \leq 0,01$		$T\delta = 5.5$

Вышеизложенное показывает, что 1,3-дибензилокси-2-этоксипропан, 4-этоксиметил-2,2-диэтоксиметил-1,3-диоксоланый являются низкой токсичными, выраженным гипотензивным эффектом и по продолжительности действия превосходит природный алкалоид папаверин, что в итоге приводит к идее создания новых эффективных, малотоксичных, фармакологических агентов на основе глицерина.

**Таблица 4.** Расчет токсичности (острой) по Керберу для препарата 1,3-дибензилокси-2-этоксипропана

Дозы, мг/кг	500	600	800	830	850	870	900
Выжило	6	5	4	3	2	1	0
Погибло	0	1	2	3	4	5	6
$z$		0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
$d$		100	200	30	20	20	30
$zd$		50	300	75	70	90	165

$$m = 6. \quad \Sigma(zd) = 50 + 300 + 75 + 70 + 90 + 165 = 750,$$

$$LD_{50} = LD_{100} - \frac{\Sigma(zd)}{m} = 900 - \frac{750}{6} = 900 - 125 = 775 \text{ мг/кг.}$$

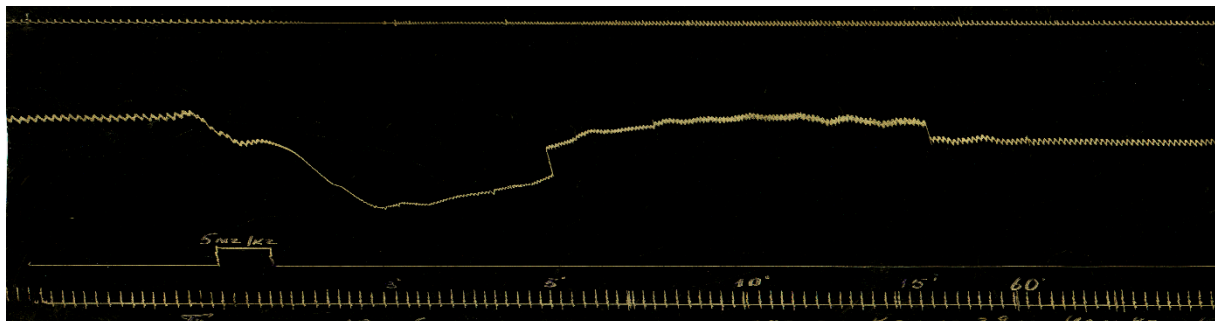
Нахождение стандартной ошибки:

$$s = \frac{LD_{84} - LD_{16}}{2} = \frac{870 - 600}{2} = \frac{270}{2} = 135 \text{ мг/кг,}$$

$$\int LD_{50} = \sqrt{\frac{k \cdot s \cdot d}{n}} = \sqrt{\frac{0.564 \cdot 135 \cdot 66}{6}} = \sqrt{838} = 28.9 \approx 29 \text{ мг.}$$

LD<sub>50</sub> препарата 3-дибензилокси-2-этоксипропана - 775 ± 29 мг/кг.

Для иллюстрации приводим кимограмму из серии опытов:



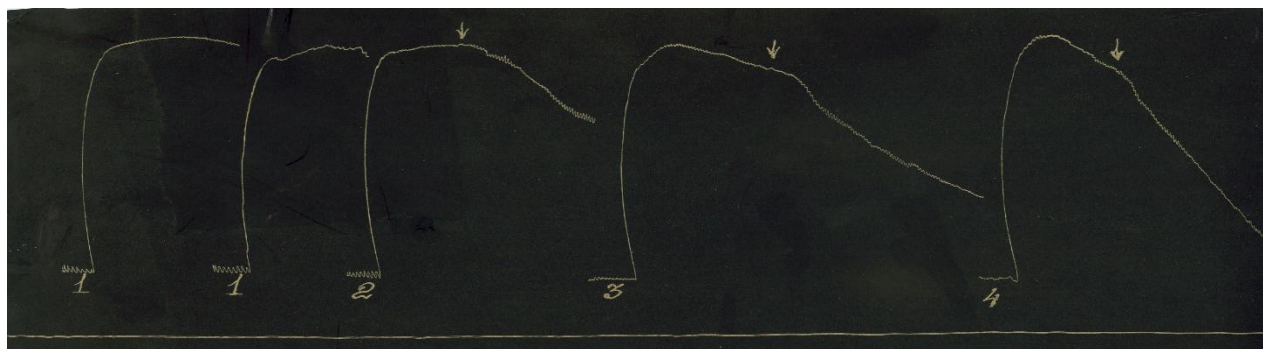
**Рис.2.** Препарат 1,3-дибензилокси-2-этоксипропана, кошка 3,8 кг, наркоз 40 мг/кг нембутала. Сверху вниз: дыхание, кровяное давление, отметка времени, отметка введения

**Таблица 5.** Широта фармакологического действия 1,3-дибензилокси-2-этоксипропана

Наименование	Эффективная доза (ЭД <sub>50</sub> ) мг/кг	Отношение LD <sub>50</sub> к ЭД <sub>50</sub>	Широта фармакол. действия K
1	2	3	4
1,3-дибензилокси-2-этоксипропан	10	$K = \frac{775}{10}$	77.5
папаверин	10	$K = \frac{288}{10}$	28.8

Данные таблицы показывают, что токсическая доза исследованного соединения превышает терапевтическую в 77 раз, в то время как у папаверина в 28.8 раз, что указывает на малую токсичность 1,3-дибензилокси-2-этоксипропана.

Для наглядности приводим кимограмму из опыта:

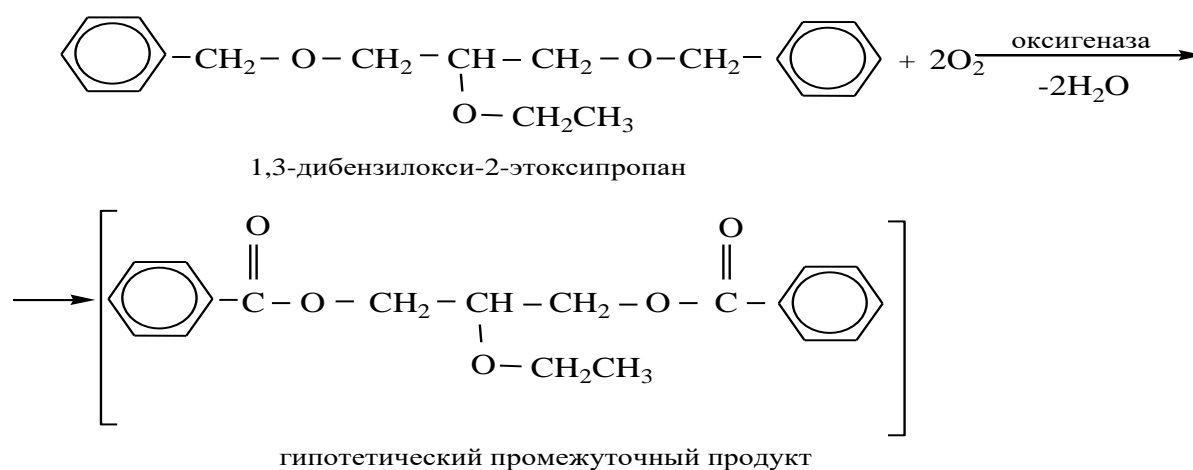


**Рис. 3.** Изолированный кишечник крысы с препаратом 1,3-добензилокси-2-этоксипропана 1 – ацетилхолин  $10^{-5}$  г/мл; 2 – ацетилхолин + препарат  $10^{-7}$  г/мл; 3 – ацетилхолин + препарат  $10^{-6}$  г/мл; 4 – ацетилхолин + препарат  $10^{-5}$  г/мл; 5 – ацетилхолин + препарат  $10^{-4}$  г/мл.

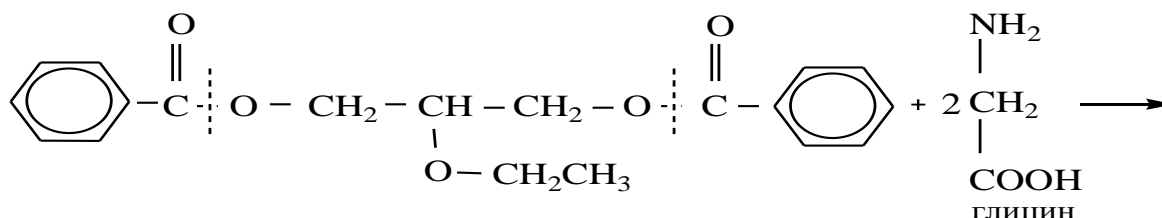
**Таблица 6.** Результаты потенцирующего действия 1,3-добензилокси-2-этоксипропана в дозе 50 мг/кг на снотворный эффект фенобарбитала (50 мг/кг)

Наименование	Доза мг/кг	Продолжительность сна в мин.
1,3-добензилокси-2-этоксипропан	50	$43 \pm 1$
фенобарбитал	50	$9.9 \pm 1.0$
$P \leq 0,01$		$T\delta = 5.5$

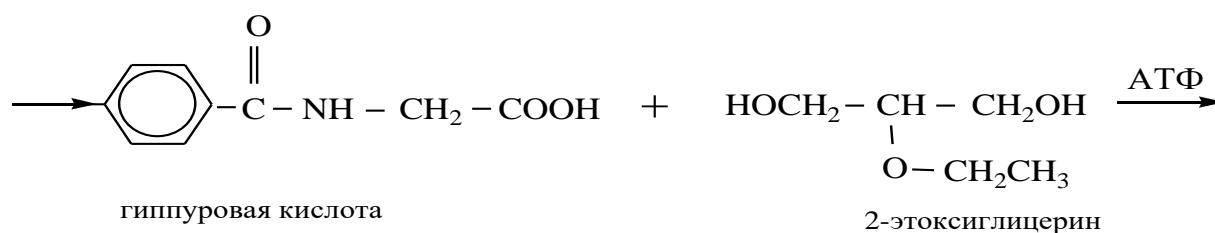
Метаболизм 1,3-добензилокси-2-этоксипропана, который обладает липофильным свойством, превращается в гидрофильное соединение путем окисления оксигеназами с участием кислорода. Окислению подвергается радикал  $\text{CH}_2$ , который связан с ароматическим кольцом, по следующему механизму реакций [15]:



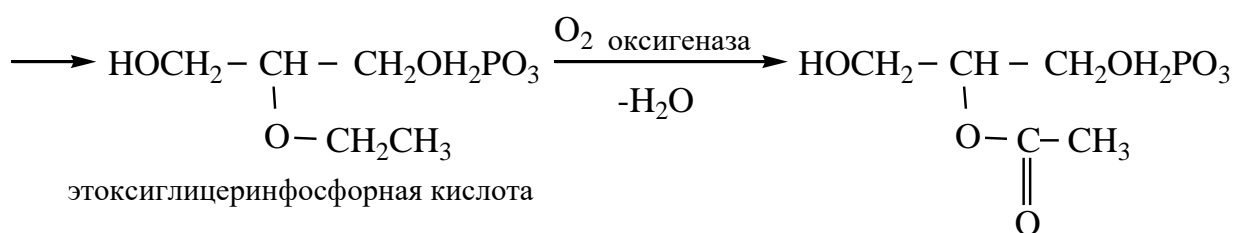
Как видно, в гипотетическом промежуточном продукте образуется карбоксильная группа, наличие которой приводит к образованию сложноэфирной связи, обуславливая лабильность этого соединения, в дальнейшем гипотетический промежуточный продукт разрушается по сложноэфирной связи, с участием фермента карбоксилэстеразы:



Учитывая подвижность атома водорода аминной группы глицина, происходит взаимообмен, при котором водород молекулы глицина переходит в остаток 2-этоксиглицерина, образующийся бензоил соединяется с глицином, образуя гиппуровую кислоту:



В дальнейшем 2-этоксиглицерин фосфорилируется АТФ, окисляется дегидрогеназой и оксигеназой по простой эфирной связи по следующему механизму:



Образовавшееся ацильное производное фосфоглицерина является низшим липидом и участвует в метаболизме до образования ацетил-SкоА и фосфоглицерина. Последний повторяет путь окисления глюкозы. Гиппуровая кислота не участвует в метаболизме и выделяется с мочой.

### Литература

1. Рахманкулов Д.Л. и др. Физические и химические свойства глицерина / М.: Химия, 2003. - 200с.

2. *Абдрашитов Я.М., Дмитриев Ю.К., Кимсанов Б.Х. и др.* Глицерин. Методы получения, промышленное производство и области применения / // - М.: Химия, 2001. - 168 с.
3. *Олимов Р.А.* Синтез и превращения производных кислородсодержащие гетероциклы на основе  $\alpha$  - моноэфиров глицерина/ Вестник Санкт-Петербургского государственного Университета технологии и дизайна Санкт-Петербург - 2022. С. 132-136.
3. *Олимов Р.А.* Синтез на основе  $\alpha$ -моноэфиров глицерина и изучение их физико-химических и биологических свойств: Автореф... дисс. к.х.н. - Душанбе, 2010, 23 с.
4. *Hardie W.R., Hidalgo J., Habverstadt J.E.* 4-(2-Piperidyl) - 1,3-dioxolanes with local anesthetic Spasmolitic and central nervous Systemactivity/ J. Am. Chem. Soc. - 1966 - V. 9, № 1. - P. 127-136.
5. *Kolar Senek, Behringwerke A.G.* Способ получения простых эфиров глицерина и применение / Kolar Senek, Behringwerke A.G. // Заявка 3234040 ФРГ. Заявл. 14.09.82. Опубл. 15.03.84 МКИ С 07 С 43/164 С 07 С 47/18.
6. *Дымент О.Н. и др.* Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена /М.: Химия, 1976. - 376 с.
7. *Абдрахманова А.Р. и др.* Окисление 1,3-диоксацикланов гипохлоритом натрия / Первая Всероссийская конференция по химии гетероциклов. Тез. докл. Суздаль. - 2000. - С.75.
8. *Олимов Р.А., и др.* Синтез на основе  $\alpha$ -моноэфиров глицерина и поиск путей их практического применения.-Душанбе, 2015. 113 с.
9. *Олимов Р.А., Тагаева С.Э., Каримов М.Б.* Органический синтез на основе глицерина. Душанбе, 2021. 119 с.
10. *Олимов Р.А. Каримов М.Б., Мухамеджанов М.Б.* Синтез новых производных 1,3-диоксолана и изучение их свойств/ Вестник Таджикского национального Университета Душанбе - 2010. С. 71-74.
11. *Халецкий А.М.* Фармацевтическая химия. М.: Медицина, 1966. - 762 с.
12. *Рахманкулов Д.Л., Кимсанов Б.Х. и др.* Глицерин в синтезе регуляторов роста растений// Башк. хим. ж. - 1999.- Т. 6, № 4. - С.43-45.
13. *Рахмонкулов Д.Л. и др.* Химия производных глицерина / Уфа: Башкнигоиздат. 1992.- 144 с.
14. *Кимсанов А.Б.* Фармако-биохимическое исследование некоторых производных глицерина: Автореф... дисс. к.б.н. – Душанбе, 2006, 21с.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ ГЛИЦЕРИНА

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования биологических и фармакологических свойств простых эфиров глицерина и их производных. Рассмотрена роль эфиров глицерина в синтезе биологически активных веществ, лекарственных препаратов и продуктов органического синтеза. Токсикологические и фармакологические исследования показали, что соединения 4-этоксиметил-2,2-диэтоксиметил-1,3-диоксолан и 1,3-добензилокси-2-этоксипропан обладают низкой токсичностью, выраженным гипотензивным и спазмолитическим действием. Значения  $LD_{50}$  для исследованных соединений составили  $501 \pm 17$  мг/кг и  $775 \pm 29$  мг/кг соответственно, а широта их фармакологического действия значительно превышает аналогичный показатель папаверина. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования производных глицерина в качестве основы для создания новых эффективных и малотоксичных лекарственных средств.

**Ключевые слова:** глицерин, простые эфиры глицерина, 1,3-диоксоланы, биологическая активность, острая токсичность,  $LD_{50}$ , гипотензивное действие, спазмолитическая активность, фенобарбитал, фармакологические соединения.

### ТАДҚИҚОТИ ХУСУСИЯТҲОИ БИОЛОГИИ ЭФИРҲОИ ГЛИЦЕРИН

**Ғишурда.** Дар мақола хусусиятҳои биологӣ ва фармакологии баъзе эфирҳои глицерин ва ҳосилаҳои онҳо мавриди омӯзиш қарор гирифтаанд. Нақши эфирҳои глицерин дар синтези моддаҳои биологии ғабол, доруворӣ ва маҳсулоти саноати химиявӣ баррасӣ шудааст. Тадқиқоти токсикологӣ ва фармакологӣ нишон доданд, ки пайвастагиҳои 4-этоксиметил-2,2-диэтоксиметил-1,3-диоксолан ва 1,3-добензилокси-2-этоксипропан дорои захрнокии паст, таъсири гипотензивӣ ва спазмолитикии назаррас мебошанд. Арзиши  $LD_{50}$  барои пайвастагиҳои мазкур мутаносибан  $501 \pm 17$  мг/кг ва  $775 \pm 29$  мг/кг-ро ташкил дода, паҳнои таъсири фармакологии онҳо нисбат ба папаверин баландтар мебошад. Натиҷаҳои бадастомада дурнамои истифодаи ин пайвастагиҳоро ҳамчун асос барои таҳияи доруҳои нави самаранок ва камзаҳр нишон медиҳанд.

**Калимаҳои калидӣ:** глицерин, эфирҳои глицерин, 1,3-диоксолан, ғаболияти биологӣ, захрнокии шадид,  $LD_{50}$ , таъсири гипотензивӣ, таъсири спазмолитикӣ, фенобарбитал, пайвастагиҳои фармакологӣ.

### BIOLOGICAL INVESTIGATIONS OF GLYCEROL ETHERS

**Annotation.** The article presents the results of studies on the biological and pharmacological properties of glycerol ethers and their derivatives. The role of glycerol ethers in the synthesis of biologically active substances, pharmaceuticals, and organic synthesis intermediates is discussed. Toxicological and pharmacological investigations demonstrated that 4-ethoxymethyl-2,2-diethoxymethyl-1,3-dioxolane and 1,3-dibenzyloxy-2-ethoxypropane exhibit low toxicity along with significant

hypotensive and antispasmodic activities. The LD<sub>50</sub> values of these compounds were found to be 501±17 mg/kg and 775±29 mg/kg, respectively, while their pharmacological activity range exceeded that of papaverine. The obtained results indicate the potential of glycerol derivatives as promising candidates for the development of new effective and low-toxic pharmaceutical agents.

**Keywords:** glycerol, glycerol ethers, 1,3-dioxolanes, biological activity, acute toxicity, LD<sub>50</sub>, hypotensive effect, antispasmodic activity, phenobarbital, pharmacological compounds.

**Сведения об авторах:** *Олимова Мехрона Раҳмоналиевна* – магистрант 2-го курса Дангаринского государственного университета. Адрес: Республика Таджикистан, Дангаринский район, ул. Марказӣ, 25.

*Раджабзода Сироджиддин Икром* – доктор химических наук, профессор, проректор по науке и инновациям Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе. Тел.: (+992) 904-60-04-60. E-mail: [ikromovich80@mail.ru](mailto:ikromovich80@mail.ru).

**Маълумот дар бораи муаллифон:** *Олимова Мехрона Раҳмоналиевна* – магистранти курси 2-юми Донишгоҳи давлатии Данғара. Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, н.Данғара, кӯчаи Марказӣ 25;

*Раҷабзода Сироҷиддин Икром* – доктори илмҳои химия, профессор, муовини ректор оид ба илм ва инноватсияи ДДОТ. Суроға: 734025, Тоҷикистон, ш. Душанбе, Тел: (+992) 904-60-04-60. E-mail: [ikromovich80@mail.ru](mailto:ikromovich80@mail.ru).

**Information about the Authors:** *Mehrona Rahmonalievna Olimova* – Second-year Master's student at Dangara State University. Address: 25 Markazi Street, Dangara District, Republic of Tajikistan.

*Sirojiddin Ikrom Rajabzoda* – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Vice-Rector for Science and Innovation at the Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni. Address: 734025, Dushanbe, Republic of Tajikistan. Tel.: (+992) 904-60-04-60. E-mail: [ikromovich80@mail.ru](mailto:ikromovich80@mail.ru).

Мақола ба редакция ворид шуд: 27.02.2026

Аз тақриз баргашт: 30.03.2026

Ба чоп тавсия шуд: 15.05.2026

## МАЪЛУМОТ БАРОИ МУАЛЛИФОН

Талабот нисбат ба мақолаҳои илмие, ки ба маҷаллаи илмии «Паёми Донишгоҳи давлатии Данғара» пешниҳод мешаванд.

Мақолаҳои илмие, ки ба редакцияи маҷалла пешниҳод мешаванд, бояд ба талаботи зерин ҷавобгӯ бошанд:

- Мақолаҳо бояд бо риояи талаботи муқаррарнамудаи ҳайати таҳририяи маҷалла навишта шаванд;
- Мақолаҳо бояд натиҷаи таҳқиқоти илмиро дар ин ҷо он соҳа фаро гиранд;
- Мақолаҳо бояд ба яке аз самтҳои (бахшҳои) маҷалла мувофиқ бошанд;

Ҳама маводҳое, ки ба ҳайати таҳририяи маҷалла пешниҳод мешаванд, аз барномаи зиддисирқат дар вебсайти **AntiPlagiat** тафтиш мешаванд ва пас аз он ҳайати таҳририяи муаллифнро (ҳаммуаллифнро) аз натиҷаи баҳодиҳии дастнавис огоҳмекунад. Сониян, ҳайати таҳририя дар бораи қабули мавод ва коркарди минбаъда ва ӯ аз радшудани он муаллифнро (ҳаммуаллифнро) хабардор менамояд.

### Талабот оид ба сохтори мақолаҳои илмӣ

Мақола бояд дар формати Microsoft Word, шрифти Times New Roman, андозаи 14, ҳошия аз ҳар тараф 2,5 см, фосилаи байни сатрҳо 1,5 мм таҳия карда шавад. Ҳаҷми мақола (бо дарбаргирии фишурда ва феҳрасти манобеи истифодашудаи он) бояд аз 6 то 15 саҳифаро дар формати А4 фаро гирад.

### Сохтори мақола

- индекси УДК;
- унвони мақола бо ҳарфҳои калон;
- насаб ва ҳарфҳои аввали номи муаллиф (масалан, Шарипов Д.М.);
- номи ташкилоте, ки дар он муаллифи мақола кор мекунад;
- матни асосии мақола;
- истинод аз маводи мушаххас дар қавси мураббаъ [4, с.25] оварда мешавад;
- ҷадвалҳо, диаграммаҳо, схемаҳо ва расмҳо бояд ном дошта, рақамгузорӣ карда шаванд;
- номгӯии манобеи истифодашуда (на камтар аз 5 ва на зиёда аз 10 ададро дар бар гирад);
- феҳрасти манобеи истифодашуда мувофиқи талаботи ГОСТ 7.1-2003 ва ГОСТ 7.0.5-2008 тартиб дода мешавад;
- манобеи истифодашуда тадқиқоти анҷомдодаи солҳои охири муҳаққиқони соҳаро дарбар гирад;
- пас аз феҳрасти манобеи истифодашуда бо сезабон (точикӣ, русӣ ва англисӣ) маълумоти зерин оварда мешавад: унвони мақола, фишурдаи он ва калидвожаҳо (фишурда на камтар аз 100 калима, калидвожаҳо аз 7 то 10 калима ӯ ибораҳо);
- маълумот дар бораи муаллиф (он) ба забонҳои тоҷикӣ, русӣ ва англисӣ (ба чунин тартиб: ному насаби пурраи муаллиф (он), дараҷаи илмӣ, унвони илмӣ (агар бошад), номи ташкилоте, ки муаллиф (он) дар он кор мекунад, вазифаи муаллиф (он) дар ин ташкилот, рақами телефон, суроғаи электронии муаллиф (он);
- муаллифнро барои саҳеҳӣ, эътимоднокӣ ва муҳтавои илмии мақолаҳо масъулияти пурра доранд.

Тақриз ба мақолаи илмӣ пешниҳодшуда аз ҷониби номзад ӯ доктори илм барои муаллиф (он)-е, ки дараҷаи илмӣ надорад ҳатмӣ мебошад.

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Требования к научным статьям, подаваемым в научный журнал «Вестник Дангаринского государственного университета».

Научные статьи, подаваемые в редакцию журнала, должны соответствовать следующим требованиям:

- Статьи должны быть написаны с соблюдением требований, установленных редколлегией журнала;
- Статьи должны включать результаты научных исследований в той или иной области;
- Статьи должны соответствовать одному из направлений (разделов) журнала;

Все материалы, поступившие в редакцию журнала, будут проверены программой антиплагиат на сайте **Antiplagiat**, после чего редакция уведомит авторов (соавторов) о результатах оценки рукописи. Во-вторых, редакция информирует авторов (соавторов) о принятии материала и дальнейшей обработке или отклонении.

### Требования к структуре научных статей

Статья должна быть написана в формате Microsoft Word, шрифт Times New Roman, размер кегл 14, поля 2,5 см, межстрочный интервал 1,5 мм. Объем статьи (включая аннотацию и список использованных источников) должен занимать от 6 до 15 страниц формата А4.

### Структура статьи

- индекс УДК;
- название статьи заглавными буквами;
- фамилия и инициалы имени автора (например, Шарипов Д.М.);
- название организации, в которой работает автор статьи;
- основной текст статьи;
- ссылка на конкретные материалы дается в квадратных скобках [4, с.25];
- таблицы, схемы, диаграммы и рисунки должны быть названы и пронумерованы;
- список использованных источников (включать не менее 5 и не более 10 наименований);
- Перечень используемых ресурсов составляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 и ГОСТ 7.0.5-2008;
- Используемые источники должны включать исследования, проведенные исследователями за последние годы.
- После списка использованных источников на трех языках (таджикском, русском и английском) указывается следующая информация: название статьи, ее краткое содержание и ключевые слова (резюме не менее 100 слов, ключевые слова от 7 до 10 слов или фраз);
- Сведения об авторе(ах) на таджикском, русском и английском языках в следующем порядке: полное имя автора(ов), ученая степень, звание (при наличии), наименование организации, где работает автор(ы), номер телефона, адрес электронной почты.
- Авторы несут полную ответственность за достоверность, научную обоснованность и содержание статей.

За предоставленную научную статью со стороны авторов, которые не имеют ученой степени, рецензия от кандидатов или докторов наук обязательна.

## МУНДАРИҶА

### МАТЕМАТИКА

- Шарофиддин Юсуфӣ, Восидов Ш.Ю.** Татбиқи моделсозии математикӣ ва компютерӣ воситаи муҳим дар раванди ҳалли масъалаҳои геометрӣ (дар мисоли сохтани секунҷаҳо)..... 5
- Шарофиддин Юсуфӣ, Восидов Ш.Ю.** Татбиқи моделсозии математикӣ ва компютерӣ дар раванди ҳалли масъалаҳои геометрӣ роҷеъ ба буриши ду давра... 17

### ФИЗИКА

- Назруллозода А.С., Неъматов А., Баротов Н.И.** Тадқиқи коэффитсиенти часпакии маҳлули полимерӣ бо концентратсияи муайяни полистирол дар бензол вобаста аз ҳарорат..... 28
- Ҳабибуллоев Ҳ.** Таҳқиқи таъсири нурафкании ис интенсивнокиаш сушт ба концентратсияи гурӯҳҳои карбонилӣ дар эластомерҳо дар муҳити фишори  $\sim 10^{-2}$  мм .рт.ст.....
- Олимӣ А.Р., Нурализода А. Ғ., Тоирзода С.Т.** Озмоишгоҳи виртуалӣ. Модели компютери «Муайян кардани шитоби афтиши озоди ҷисмҳо дар системаҳои офтобӣ» ..... 47
- Шукрихудоев Х. Ҷ.** Омӯзиши зичии дибутилфталат ва маҳлулҳои онҳо ҳамчун вазифаи ҳарорат..... 58
- Маҳмудиён М.М., Умаров М.Ф.** Асосҳои назариявии пйезоэлектрикӣ ва кристалҳои ғайрихаттӣ..... 71
- Холиқов Н.Ф., Алидодов Т.М.** Таҳлили сохторҳо ва хосиятҳои лавҳаи монокристалии арсениди галлий барои ба даст овардани наносохторҳо дар сатҳи он..... 82
- Нурализода А. Ғ.** Озмоишгоҳи виртуалӣ. модели компютери «андозагирии ҷисмҳои андозаашон хурд»..... 95

### ХИМИЯ

- Қаҳоров Д. Р.** Вобастагии ҳарорат аз зариби интиқоли гармии ҳулаҳои Zn-Ва..... 109
- Сафаров Х. С., Гулов Т. Ё., Бобизода Ғ. М.** Таҳияи композитсияи комплекс мис-аланин бо экстракцияи компонентҳои биологии таҳач..... 117
- Шарифова С.Д., Тағозода С.Э., Тағоева Х.Э., Каримов М.Б.** Диэтил эфирҳои кислотаҳои пропандиой, ҳосилшуда аз диоксоланҳо: синтез ва омӯзиши хусусиятҳо..... 129
- Норова М.Т., Идиев И.Ш., Шарипова Р.Я.** Бо усули волтаперометрияи таҳлил муайян намудани симоб..... 134
- Қурбонов Д.Ч. (Мирзоализода Д.Ч.), Ғаниев И.Н., Оқилов Ш.Ш.** Синтез ва таҳлили рентгенофазаи оксидшавии ҳулаи алюминийи ноқилӣ  $alv0.1$  бо литий, натрий ва калий..... 141
- Пирназаров А.Ш., Гулов Т.Ё., Бобизода Ғ.М., Абдулоев А.** Таъсири аквакомплекси нуқра бо аминокислотаҳо ба равандҳои биохимиявӣ дар донаҳои гандуми сабзидашуда..... 151
- Олимова М.Р., Раджабода С.И.** Биологические исследования на основе эфиров глицерина..... 164

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

<b>Шарофиддин Юсуфи, Восидов Ш.Ю.</b> Применение математического и компьютерного моделирования – важный инструмент в процессе решения геометрических задач (на примере построения треугольников) .....	5
<b>Шарофиддин Юсуфи, Восидов Ш.Ю.</b> Применение математического и компьютерного моделирования в процессе решения геометрических задач на пересечение двух окружностей.....	17

### ФИЗИКА

<b>Назруллозода А.С., Неъматов А., Баротов Н.И.</b> Исследование коэффициента вязкости раствора полимера с определенной концентрацией полистирола в бензоле в зависимости от температуры.....	28
<b>Хабибуллоев Х.</b> Исследование влияния низко интенсивного ик облучения на концентрацию карбонильных групп в эластомерах при давлении $\sim 10^{-2}$ мм. рт. ст. ....	35
<b>Олими А.Р., Нурализода А. Г., Тоирзода С.Т.</b> Виртуальная лаборатория. Компьютерная модель «Определение ускорения свободного падения тел в солнечной системе».....	47
<b>Шукрихудоев Х. Дж.</b> Исследование плотности дибутилового эфира фталевой кислоты и их растворов в зависимости от температуры	58
<b>Махмудиён М.М., Умаров М.Ф.</b> Теоретические основы пьезоэлектричества и нелинейных кристаллов.....	71
<b>Холиков Н.Ф., Алидодов Т.М.</b> Анализ структуры и свойств монокристаллической пластины арсенида галлия для получения наноструктур на её поверхности.....	82
<b>Нурализода А. Г.</b> Виртуальная лаборатория. компьютерная модель «Измерение объектов малого размера».....	95

### ХИМИЯ

<b>Кахоров Д. Р.</b> Температурная зависимость коэффициента теплоотдачи сплавов системы Zn-Ba.....	109
<b>Сафаров Х. С., Гулов Т. Ё., Бобизода Г. М.</b> Исследование композиция комплекса мед-аланин с экстракции биологических компонентов тахач.....	117
<b>Шарифова С.Д., Тагозода С.Э., Тагоева Х.Э., Каримов М.Б.</b> Диэтиловые эфиры пропандиовых кислот полученные на основе диоксоланов: синтез и изучение свойств.....	129
<b>Норова М.Т., Идиев И.Ш., Шарипова Р.Я.</b> Определение ртути вольтамперометрическим методом.....	134
<b>Курбонов Д.Ч. (Мирзоализода Д.Ч.), Ганиев И.Н., Окилов Ш.Ш.</b> Синтез и рентгенофазовый анализ продуктов окисления алюминиевого проводникового сплава AlV0.1 с литием, натрием и калием.....	141
<b>Пирназаров А.Ш., Гулов Т.Ё., Бобизода Ғ.М., Абдулоев А.</b> Влияние аквакомплекса с аминокислотами на биохимические процессы в проросших зернах пшеницы.....	151
<b>Олимова М.Р., Раджабзода С.И.</b> Биологические исследования на основе эфиров глицерина.....	164

## CONTENTS

### MATHEMATICS

- Sharofiddin Yusufi, Vosidov Sh. Y.** The use of mathematical and computer modeling is an important tool in solving geometric problems (using the example of building triangles)... 5
- Sharofiddin Yusufi, Vosidov Sh. Y.** Application of mathematical and computer modeling in the process of solving geometric problems concerning the intersection of two circles..... 17

### PHYSICS

- Nazrullozoda A.S. Nematov Abdukodir, Barotov N. I.** Study of the viscosity coefficient of a polymer solution with a certain concentration of polystyrene in benzene depending on temperature..... 28
- Khabibulloev Kh.** Study of the influence of low-intensity infrared radiation on the concentration of carbonyl groups in elastomers at a pressure of  $\sim 10^{-2}$  mmhg..... 35
- Olimi A. R., Nuralizoda A. G., Toirzoda S. T.** Virtual laboratory. Computer model "Determining the acceleration of free fall of bodies in the solar system"..... 47
- Shukrikhudoev Kh. J.** Study of the density of dibutyl phthalate and their solutions as a function of temperature..... 58
- Mahmudiyon M. M., Maksujon F.** Theoretical foundations of piezoelectricity and nonlinear crystals..... 71
- Kholikov N. F., Alidodov T. M.** Analysis of the structures and properties of a single-crystal gallium arsenide plate for obtaining nanostructures on its surface..... 82
- Nuralizoda A. G.** Virtual laboratory. computer model «Measuring small-sized objects»..... 95

### CHEMISTRY

- Kakhorov D. R.** Temperature dependence of the heat transfer coefficient of Zn–Ba alloys..... 109
- Kholboy S. S., Toir Y. G., Gulomkodir M. B.** Study of the composition of a copper-alanine complex using the extraction of biological components of takhach..... 117
- Sharifova S.D., Tagozoda S.E., Tagaeva Kh.E., Karimov M.B.** Diethyl esters of propanedioic acids obtained based on dioxolanes: synthesis and study of properties..... 129
- Norova M. T., Idiev I. Sh., Sharipova R. Y.** Determination of mercury by voltammetric method..... 134
- Kurbonov D. Ch. (Mirzoalizoda D. Ch.), Ganiev I. N., Okilov Sh. Sh.** Synthesis and x-ray phase analysis of oxidation products of aluminum conductor alloy Al<sub>v</sub>0.1 with lithium, sodium and potassium..... 141
- Pirnazarov A. Sh., Gulov T. Y., Bobizoda G. M., Abdulloev A.** Effect of aquacomplex silver with amino acids on biochemical processes in wheat germinated grains..... 151
- Olimova M. R., Sirojiddin I. R.** Biological investigations of glycerol ethers..... 164

# ПАЁМИ

ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ ДАНГАРА

Бахши илмҳои табиӣ

2026. № 2 (36)

# ВЕСТНИК

ДАНГАРИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО

УНИВЕРСИТЕТА

Серия естественных наук

2026. № 2 (36)

# BULLETIN

OF DANGARA STATE UNIVERSITY

Series of natural science

2026. № 2 (36)

Ба матбаа 02.06.2026 супорида шуд.

Ба чопаш 12.06.2026 имзо шуд.

Қоғаз офсет. Андозаи 60x84 1/8. Чузъи чоп. 22,5

Супориши №35. Адади нашр 50 нусха.

ЧДММ “Матбаа”-и ш.Бохтар, кўчаи М.Осимӣ, 22<sup>а</sup>