

ISSN 2413-452X

ПАЁМИ
ДОНИШГОҶИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН
Бахши илмҳои табиӣ
2020. № 4.

ВЕСТНИК
ТАДЖИКСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
Серия естественных наук
2020. № 4.

BULLETIN
OF THE TAJIK NATIONAL UNIVERSITY
Series of natural sciences
2020. No. 4.



МАРКАЗИ
ТАБЪУ НАШР, БАҶГАРДОН ВА ТАРҶУМА
ДУШАНБЕ – 2020

ПАЁМИ ДОНИШГОҶИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН

БАХШИ ИЛМҶОИ ТАБИЙ

Муассиси маҷалла:

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон
Маҷалла соли 2012 таъсис дода шудааст.
Дар як сол 4 шумора нашр мегардад.

САРМУҶАРРИР:

Хушвахтзода
Қобилҷон Хушвахт

Доктори илмҳои иқтисодӣ, профессор, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

МУОВИНИ САРМУҶАРРИР:

Сафармамадов
Сафармамад

*Доктори илмҳои химия, профессор, муовини ректор оид ба илми
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон*

Муборакшоевич

МУОВИНИ САРМУҶАРРИР:

Исмонов Кароматулло
Бадридинович

*Номзоди илмҳои филологӣ, дотсент, директори Маркази таъбу нашр,
баргардон ва тарҷумаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон*

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ

01.01.01 – Математика

Раҷабов Нусрат Раҷабович	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, профессор</i>
Ҷангибеков Гулҷоҷа	<i>Доктори илмҳои физикаю математика</i>
Мустафоҷулов Раҳмонҷул	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, профессор</i>
Шерматов Нурмаҳмад	<i>Доктори илмҳои техникӣ, профессор</i>
Сатторов Абдуманон	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, профессор</i>

Маҷалла ба Феҳристи нашрияҳои илмии тақризшавандаи Комиссияи олии аттестатсионии Федератсияи Русия аз 03.06.2016 ворид гардидааст.

Маҷалла мақолаҳои илмии соҳаҳои зерини илмро барои ҷоп қабул менамояд:
**01.01.00 – Математика; 01.04.00 – Физика;
02.00.00 – Илмҳои кимиё;**

Маҷалла дар Индекси иқтибосҳои илмии Русия (РИНЦ) ворид карда шудааст ва пайвасти дар системаи индексатсионии мазкур дар бораи шумораҳои ҷопшуда маълумот ворид менамояд.

Маҷалла сомонии расмӣ худро дорад, ки дар он матнӣ муқаммалӣ маводи ҷопӣ ҷойгир карда шудааст (www.vestnik-tnu.com).

01.04.00 – Физика

Двинин Сергей Александрович	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, дотсент</i>
Солихов Давлат Қуватович	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, профессор</i>
Маҳсудов Барот Исломович	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, профессор</i>
Рашидов Ҷалил Рашидович	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, профессор</i>
Абдуллоев Ҳасан Муминҷонович	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, профессор</i>
Комилов Қосим	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, профессор</i>
Султонов Низом Султонович	<i>Доктори илмҳои физикаю математика, профессор</i>

02.00.00 – Илмҳои кимиё

Дегтев Михаил Иванович	<i>Доктори илмҳои химия, профессор</i>
Ҷураев Тухтасун Ҷураевич	<i>Доктори илмҳои химия, профессор</i>
Солиев Лутфулло	<i>Доктори илмҳои химия, профессор</i>
Мурзубраимов Бектемир Мурзубраимович	<i>Доктори илмҳои химия, профессор</i>
Кустов Андрей Владимирович	<i>Доктори илмҳои химия, профессор</i>
Ҳолиқов Ширинбек Ҳолиқович	<i>Доктори илмҳои химия, профессор</i>
Суяров Қурбонҷон Ҷураевич	<i>Номзоди илмҳои химия, дотсент</i>

Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон.

Бахши илмҳои табиӣ

– 2020. – №4.

ISSN 2413-452X

Маҷалла дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон № 0039/ЖР-97 аз 17.01.2018 ба қайд гирифта шудааст.

Маҷалла дар Маркази таъбу нашр, баргардон ва тарҷумаи ДМТ барои нашр таҳия мегардад. Нишони Марказ: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17.

Сомонаи маҷалла: www.vestnik-tnu.com

E-mail: vestnik-tnu@mail.ru

Тел.: (+992 37) 227-74-41

© ДМТ, 2020

**ВЕСТНИК ТАДЖИКСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
СЕРИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

Учредитель журнала:

Таджикский национальный университет

Журнал основан в 2012 г. Выходит 4 раз в год.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА:

Хушвахтзода Кобилджон | Доктор экономических наук, профессор, ректор Таджикского национального
Хушвахт | университета

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Сафармамадов | Доктор химических наук, профессор, проректор по науке
Сафармамад | Таджикского национального университета
Муборакшоевич

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Исмонов Кароматулло | Кандидат филологических наук, доцент, директор Издательского центра
Бадридинович | Таджикского национального университета

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

01.01.00 – Математика

Раджабов Нусрат Раджабович	Доктор физико-математических наук, профессор, академик АН РТ
Джангибеков Гулходжа	Доктор физико-математических наук, профессор
Мустафокулов Рахмонкул	Доктор физико-математических наук, профессор
Шерматов Нурмахмад	Доктор технических наук, профессор
Сатторов Абдуманон	Доктор физико-математических наук, профессор

01.04.00 – Физика

Двинин Сергей Александрович	Доктор физико-математических наук, доцент
Солихов Давлат Куватович	Доктор физико-математических наук, профессор
Махсудов Барот Исломович	Доктор физико-математических наук, профессор
Рашидов Джалил Рашидович	Доктор физико-математических наук, профессор
Абдуллоев Хасан Муминджанович	Доктор физико-математических наук, профессор
Комилов Косим	Доктор физико-математических наук, профессор
Султонов Низом Султонович	Доктор физико-математических наук, профессор

02.00.00 – Химические науки

Дегтев Михаил Иванович	Доктор химических наук, профессор
Джураев Тухтасун Джураевич	Доктор химических наук, профессор
Солиев Лутфулло	Доктор химических наук, профессор
Мурзубраимов Бектемир Мурзубраимович	Доктор химических наук, профессор
Кустов Андрей Владимирович	Доктор химических наук, профессор
Халиков Ширинбек Халикович	Доктор химических наук, профессор
Суяров Курбонхон Джураевич	Кандидат химических наук, доцент

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки Российской Федерации от 03.06.2016.

Журнал принимает научные статьи по следующим отраслям науки: **01.01.00 – Математика; 01.04.00 – Физика; 02.00.00 – Химические науки.**

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), регулярно предоставляет в РИНЦ информацию в виде метаданных.

Журнал имеет официальный сайт (www.vestnik-tnu.com), в котором размещаются полнотекстовые версии опубликованных материалов.

Вестник Таджикского национального университета.

Серия естественных наук.

– 2020. – №4.

ISSN 2413-452X

Журнал зарегистрирован в Министерстве культуры Республики Таджикистан. Свидетельство №0039/ЖР-97, от 17.01.2018

Журнал подготавливается к изданию в Издательском центре ТНУ.

Адрес Издательского центра:

734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17.

Сайт журнала: www.vestnik-tnu.com

E-mail: vestnik-tnu@mail.ru

Тел.: (+992 37) 227-74-41

BULLETIN OF THE TAJIK NATIONAL UNIVERSITY
 Series of natural sciences
 Founder of the journal:
TAJIK NATIONAL UNIVERSITY
 The journal was established in 2012. Issued 4 times a year.

CHIEF EDITOR:

Khushvahtzoda Kobiljon Hushvaht	<i>Doctor of Economic Sciences, Professor, Rector of the Tajik National University</i>
------------------------------------	--

DEPUTY CHIEF EDITOR:

Safarmamadov Safarmamad Muborakshoevich	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor, Vice-rector for Science of the Tajik National University</i>
---	---

DEPUTY CHIEF EDITOR:

Ismonov Karomatullo Badridinovich	<i>Candidate of philology sciences, associate professor, director of the Publishing Center of the Tajik National University</i>
--------------------------------------	---

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

01.01.00 - Mathematics

Rajabov Nusrat Rajabovich	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician</i>
Jangibekov Gulkhoja	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor</i>
Mustafokulov Rahmonkul	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor</i>
Shermatov Nurmahmad	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor</i>
Sattorov Abdumanon	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor</i>

01.04.00 - Physics

Dvinin Sergei Aleksandrovich	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor</i>
Solihov Davlat Kuvatovich	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor</i>
Makhsudov Barot Islomovich	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor</i>
Rashidov Jalil Rashidovich	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor</i>
Abdulloev Hasan Muminjanovich	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor</i>
Komilov Kosim	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor</i>
Sultonov Nizom Sultonovich	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor</i>

02.00.00 - Chemical sciences

Degtev Mikhail Ivanovich	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor</i>
Juraev Tukhtasun Juraevich	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor</i>
Soliev Lutfullo	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor</i>
Murzubraimov Bektemir Murzubraimovich	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor</i>
Kustov Andrei Vladimirovich	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor</i>
Kholikov Shirinbek Kholikovich	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor</i>
Suyarov Kurbonkhon Ouraevich	<i>Candidate of chemical sciences, associate professor</i>

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific journals of the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation from 03.06.2016, No. 1922.

The journal accepts scientific articles on the following scientific specialties:

The journal is included in the database of the Russian Scientific Citation Index (RSCI).

The journal is printed in Tajik and Russian languages.

Full-text versions of published materials are posted on the official website of the journal (www.vestnik-tnu.com).

Bulletin of the Tajik National University.
Series of natural sciences
 – 2020. – №4.
 ISSN 2413-452X

The journal is registered in the Ministry of Culture of the Republic of Tajikistan.

**The journal is being prepared for
 publication in the Publishing
 Center of TNU.**

Address of the Publishing Center:

17, Rudaki avenue, Dushanbe, 734025,
 Republic of Tajikistan,

Web site of the journal: www.vestnik-tnu.com

E-mail: vestnik-tnu@mail.ru

Tel.: (+992 37) 227-74-41

МАТЕМАТИКА

УДК.519.86

МОДЕЛИ МАТЕМАТИКИИ БОРКАШОНИИ НАҚЛИЁТИИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН ДАР МИСОЛИ НБО РОҒУН БО ИСТИФОДАБАРИИ МЕТОДҲОИ БАРНОМАСОЗИИ ХАТӢ

Одинаев Р.Н., Мавлонзода С.Х.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Соҳаи нақлиёт дар таъмини рушди устувори иқтисодиёти ҷумҳурӣ мавқеи муҳим дошта, яке аз соҳаи афзалиятноки кишвар маҳсуб меёбад. Вазорати нақлиёти кишвар ба мақсади иҷрои саривақтӣ ва сифатноки дастуру супоришҳои Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ-Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон ва Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон чихати таъмини нишондиҳандаҳои макроиқтисодии соҳа ва татбиқи тадбирҳои тарҳрезӣшуда, дар ин давра корҳои муайянеро ба анҷом расониданд.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон намуди асосии нақлиёти хушкгард нақлиёти автомобилӣ мебошад ва чи тавре аз маълумотҳои ҳарсолаи Агентии омили назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон бармеояд, дар нимсолаи якуми соли 2018 тавассути ҳама намудҳои нақлиёт 37 млн. 430,7 ҳазор тонна бор, аз ҷумла бо нақлиёти автомобилӣ 34 млн. 801,5 ҳазор тонна (93,0%), роҳи оҳан 2 млн. 628,4 ҳазор тонна (7,0%) ва нақлиёти ҳавоии ватанӣ 780 тонна бо гардиши умумии 3млрд. 6,9 млн. тонна/км зиёд шудааст.

Ҳангоми ҳалли масъала аз рӯи банақшагирӣ, тариқи автомобилӣ кашондани борҳо, моделҳои асосии иқтисодӣ–математикӣ-ин модели масъалаи нақлиёт ва масъалаи хатсайри мебошад.

Вобаста ба масъала ва стратегияи истехсолкунанда, интихоби нақлиёт барои расондани маҳсулот иҷро шуда, стратегия, ҳаҷми бор ва хатсайри боркашонӣ муайян мешавад. Иловатан, ҷойгиркунии истехсолот, хусусиятҳои техникую истехсолии намудҳои гуногуни нақлиёт, доираи муайянкунандаи истифодаи ратсионалии он, талабот ба маҳсулоти бароварда мешуда дар пунктҳои истеъмолӣ, арзиши боркашонӣ ва ғайра ба эътибор гирифта мешавад.

Масъалаи нақлиёт дар ҳамаи ҳолатҳое, ки дар онҳо зарурати муайян кардани схемаи боркашонии муайяни борҳо аз як пункт ба пункти дигар аст, гузошта мешавад. Агар боркашонӣ байни ду пункт иҷро шавад, он гоҳ талаб карда мешавад, ки роҳи мувофиқи мақсади боркашонӣ ёфта шавад, намуди воситаҳои нақлиёти интихоб карда шавад ва вақти иҷрои ин амалиёт барқарор карда шавад. Вале шумораи пунктҳо, ки зиёд шуд ва қабули борҳо зиёд мегардад, масъала оиди интихоби варианти вобастакунии таъминкунанда ба истеъмолкунандагон руҳ медиҳад, яъне масъала оид ба барқароркунии схемаи ҳаракати борҳо ба миён меояд.

Моҳияти масъалаи нақлиёт дар муайянкунии аз ҳама созгор аз нуқтаи назари критерияи интихобшуда, варианти схемаи боркашонӣ аз таъминкунанда ба истеъмолкунанда иборат аст. Агар шумораи таъминкунанда ва истеъмолкунанда калон набошад, он гоҳ имкони барзиёди ҳамаи варианҳои боркашонӣ дида шуда, байни онҳо муқоиса карда, варианти оптималӣ ёфта мешавад.

Дар бисёр корҳо аз барномасозии математикӣ ва тадқиқи амалиёт саволҳои ҳалли масъалаи нақлиёт дар гузориши классикӣ пешниҳод мешавад. Дар шакли умумии математикӣ масъалаи нақлиёти барномасозии хаттӣ бо чунин тарз ташаккул меёбад [1-6], [11-13].

Дар m пунктҳои A_1, A_2, \dots, A_m -и фиристонидан миқдори муайяни воҳиди баъзе маҳсулоти якҷинса чамъ шудааст, ки онро бо $a_i (i = 1, 2, \dots, m)$ ишора мекунем. Ин маҳсулот дар n пунктҳои B_1, B_2, \dots, B_n истеъмол мешавад ва онро бо $b_j (j = 1, 2, \dots, n)$

ишора мекунем. Харочот барои кашондани воҳиди маҳсулот аз пункти A_i ба пункти B_j ро бо C_{ij} ишора мекунем, ки он дар намуди матритсаи харочоти нақлиёти $C=(c_{ij})$ оварда мешавад. Талаб карда мешавад, ки чунин нақшаи кашондан тартиб дода шавад, ки дар он ҳамаи маҳсулот аз пунктҳои A_i ба пунктҳои B_j кашонда мешавад, бо мувофиқа ба талабот ва бузургии умумии харочоти нақлиёти, минималӣ мегардад.

Миқдори маҳсулоти аз пункти A_i ба пункти B_j кашондари бо X_{ij} ишора мекунем. Он гоҳ, суммаи арзиши нақлиёт ба шакли хаттӣ муайян мешавад, яъне функсияи мақсад чунин намуд дорад.

$$\min F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Фарз карда мешавад, ки шарти баланс риоя мегардад

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (5)$$

яъне бузургии умумии талабот ба бузургии умумии маҳсулоти мавҷуд буда, баробар аст. Агар шаведу ин баланс риоя нагардад, он гоҳ ҳамаи онро барқарор кардан мумкин. Барои ин, вобаста аз характери вайроншавии баланс иловаан пункти сунъӣ фиристодан ё таъинот бо арзиши аз будааш зиёдтар боркашонӣ, дохил карда мешавад. Ҳангоми иҷрои шарти баланс, масъалаи нақлиёт пӯшида номида мешавад.

Раванди ҳалли масъалаи нақлиётро дар намуди пайдарпаии ҷадвали 1 гузаронидан кулай мебошад.

Ҷадвали 1.
Таблица 1.
Table 1.

c_{11}	c_{12}	...	c_{1n}	a_1
x_{11}	x_{12}		x_{1n}	
c_{21}	c_{22}	...	c_{2n}	a_2
x_{21}	x_{22}		x_{2n}	
...
c_{m1}	c_{m1}	...	c_{mn}	a_m
x_{m1}	x_{m2}		x_{mn}	
b_1	b_2	...	b_n	

Ҳамин тавр, масъалаи барномасозии ҳаттӣ ҳосил карда шуд. Яке аз хусусиятҳои фарқкунандаи масъалаи барномасозии ҳаттӣ, аз ҷумла масъалаи нақлиёт иборат аз он аст, ки миқдори номаълумҳо дар он аз шумораи муодилаҳои ҳаттӣ новобаста, ки бо ёрии он маҳдудиятҳо ифода меёбанд, калон аст. Агар шумораи муодилаҳо ба шумораи номаълумҳо баробар бошад, он гоҳ дар масъала фақат як ҳал шуда метавонад ва он характери экстремалӣ дорад (таъбиқшаванда ба масъалаи нақлиёт, ки дар ҳолати будани як таъминкунанда ва як истеъмолкунанда). Агар шумораи номаълумҳо аз шумораи муодилаҳо калон бошад, он гоҳ шумораи имконпазири ҳалҳо беохир калон мешавад. Интиҳоби аз маҷмӯи беохир ҳалҳо ин ҳамоне ки фақат шартҳои авваларо қаноат мекунад, имкон медиҳад ва ба функцияи мақсади интиҳобшуда мазмуни экстремалӣ медиҳад.

Масъалаи нақлиёт–ин ҳолати хусусии масъалаи умумии барномасозии ҳаттӣ аст. Вобаста ба ин, барои ҳалли масъала дилхоҳ методи барномасозии ҳаттӣ мувофиқ буда, дар ҳолати хусусӣ методҳои универсалӣ–симплекси ва зарбшавандаҳои ҳалкунандаҳо мебошад. Масъалаҳои нақлиётро бояд бо методҳои махсуси барномасозии ҳаттӣ ҳал кард, ки дар даҳсолаи охир ин методҳо бисёр бунёд шудааст. Онҳо ба ду гурӯҳ ҷудо шуда метавонанд. Дар гурӯҳи якуми методҳо ҳал аз ҷустуҷӯи таъминоти маҳдудиятҳоро қаноаткунанда сар мешавад, яъне ёфтани ҳалли имконпазир. Сипас тафтиш карда мешавад, ки ин тақсимот оптималӣ аст ва он чунин бошад, он гоҳ роҳи оянда иборат аз зина ба зина овардани ҳал ба ҳалли оптималии ҷустуҷӯшанда мебошад. Ба ин гурӯҳ, пайдарпай беҳтар кардани нақша, методи тақсимкунанда ва як қатор модификасияи он, масалан, методи потенциалҳои Канторович Л.В. [7-8] дохиланд. Методҳои гурӯҳи дуюм дар маънои муайян ба методҳои гурӯҳи якум муқобил аст. Дар ин ҷо аввал тақсимот ҷустуҷӯ карда мешавад, ки он ҳатман талаботи имконпазирро қаноат кунонида, ба талаботи оптималӣ қатъи ҷавобгӯ мебошад. Раванди ҳал иборат аз пайдарпай воридкунии тақсимот дар сарҳади имконпазирӣ, ҳангоми риоя кардани шартҳои оптималӣ мебошад. Ба ин гурӯҳ методи ҷамъшавандаҳои ҳалкунанда, методи рентаи дифференциалӣ ва методи пайдарпай беҳтаркунии нақша вориданд.

Барои ҳалли муаммои идоракунии хароҷот дар нақлиёти автомобилӣ масъалаи барномасозии ҳаттӣ васеъ таъбиқ карда мешавад. Яке аз масъалаи паҳншудаи барномасозии математикӣ–ин масъалаи нақлиёт мебошад. Ҳангоми ҳалли масъалаи барномасозии ҳаттӣ, пеш аз ҳама, мақсад ташаккули системаи идоракунанда мебошад. Сипас миқдоран системаи маҳдудиятҳо аз рӯи захираҳо ташаккул меёбад. Баъди муайян кардани функцияи мақсад ва навишти системаи маҳдудиятҳо ҳалли оптималӣ ёфта мешавад. Азбаски дар масъалаҳои нақлиёти барномасозии ҳаттӣ шумораи номаълумҳо аз шумораи муодилаҳо калон аст, ҳалли аналитикии он амалан имконнопазир мебошад.

Ҳамин тавр, масъалаи нақлиёт ба минимализатсияи суммаи хароҷоти (1) ҳангоми шартҳои (2)-(4) оварда мешавад.

Дар масъалаи нақлиёт талаб карда мешавад, ки нақшаи боркашонӣ тартиб дода шавад, ки он бо роҳи сарфақорӣ (яъне, ҳангоми хароҷоти умумии минималӣ) талаботи ҳамаи пунктҳои истеъмолиро аз ҳисоби амаликунии ҳамаи маҳсулоти пунктҳои истеҳсолот бароваранда таъмин намояд. Ба ҷои пунктҳои истеҳсолот ва истеъмолот, мувофиқан, пунктҳои фиристонанда ва таъйинотро дида баромадан мумкин аст.

Масъалаи нақлиёт ин масъалаи тартиб додани нақшаи боркашонии маҳсулоти якҷинсоро аз маркази истеҳсолот ба маркази истеъмолӣ бо истифодаи воситаҳои нақлиётӣ типҳои гуногун мебошад, ки амалишавиаш бояд хароҷоти минималии нақлиётро таъмин намояд.

Тадқиқот нишон медиҳад, ки ҳангоми ташкили кашондан, хароҷот бо зиёдшавии масофа зиёд мегардад. Ин ба он сабаб, ки хароҷотҳои тағйирёбанда, ки аз тай кардани автомобил вобаста аст (хароҷот ба сӯзишворӣ, амортизатсияи ҳайати ҳаракаткунанда, хароҷот барои барқарор кардани фарсудашавӣ ва таъмири

мошинҳои автомобил ва ғайра) ҳиссаи хеле зиёд дар суммаи умумии харачотро ташкил медиҳад. Бинобар ин, гузориши масъалаи муайян кардани нақшаи оптималии боркашонӣ бо харочотҳои минималӣ ба ҳисобгирии дархӯдбудаи намудҳои воситаҳои автомобилҳои нақлиётӣ асоснок мебошад.

Барои муайян кардани ҳалли оптималии масъалаи нақлиёт, инчунин, якчанд метод коркард гардидаанд: потенциалҳо, венгерӣ ва дигарҳо, вале аз ҳама паҳншудааш методи потенциалҳо мебошад. Моҳияти ин метод аз рӯи принцип ба симплекс- метод монанд аст. Аввал ҳалли базисии имконпазир муайян карда мешавад (масалан, методи арзиши минималӣ), пас, онро то ҳосил кардани ҳалли оптималӣ беҳтар кардан мегиранд. Ин метод ба теоремаи зерин асос карда шудааст [4-7]:

Теорема. Агар барои ягон ҳалли базисии имконпазири $x = \{x_{ij}\}$ –и масъалаи нақлиёт чунин ададҳои

$$u_1, u_2, u_3, \dots, u_i, \quad v_1, v_2, v_3, \dots, v_i$$

мавҷуд бошанд, ки

$$v_j - u_i = c_{ij} \quad \text{ҳангоми } x_{ij} \geq 0; \quad (4.2)$$

$$v_j - u_i = c_{ij} \quad \text{ҳангоми } x_{ij} = 0; \quad (4.3)$$

барои ҳамаи $i=1,2,\dots,m$ ва $j=1,2,\dots,n$ он гоҳ $x = \{x_{ij}\}$ –ҳалли оптималии масъалаи нақлиёт мебошад.

Ададҳои u_i ва v_j , мувофиқан, потенциалҳои пунктҳои фиристодашаванда ва таъйинот номида мешаванд.

Акнун як масъалаи мушаххасро дида мебароем.

Дар чор семоҳаи соли 2019 барои сохтмони НБО-и Роғун сементи ба сулфаттобовар аз ду заводи сементбарории Тоҷикистон, яъне ҚСК "Сементи тоҷик" ва ҚДММ "ШБИ Чжунгтсай Моҳир Семент" ба чор анбори НБО-и Роғун кашонида мешавад. Миқдори борҳои аз нуқтаҳои сементистехсолкунанда ҚСК "Сементи тоҷик" 135671,170 тонна ва ҚДММ "ШБИ Чжунгтсай Моҳир Семент" 44097,780 тонна мебошад. Ин маҳсулотҳои якҷинса дар чор анборҳои НБО-Роғун дар семоҳаи якуми соли 2019, 59639,510 дар семоҳаи дуюми соли 2019, 45393,220 дар семоҳаи сеюми соли 2019, 39810,860 ва дар семоҳаи чоруми соли 2019, 34925,360 тонна семент захира карда шудааст. Талаб карда мешавад, ки модели математикии арзиши минималии кашонидани бор муайян карда шавад.

Арзиши кашонидани як тонна маҳсулоти якҷинса (семент) аз ҚСК "Сементи тоҷик" ва аз ҚДММ "ШБИ Чжунгтсай Моҳир Семент" ба НБО-и Роғун дар ҷадвали 2 овардашудааст (маълумотҳо аз идораи НБО-и Роғун пешниҳод шудааст).

*Ҷадвали 2
Таблица 2
Table 2*

Пунктҳо	B_1	B_2	B_3	B_4	Захираҳо
A_1	0,075	0,065	0,068	0,075	135671,170
A_2	0,09	0,11	0,095	0,1	44097,780
Талабот	59639,510	45393,220	39810,860	34925,360	179768,950

Бо методи кунчи шимолу ғарб нақшаи аввалаи боркашониро дар масъалаи нақлиёт, ки бо матритсаи боркашонӣ дода шудааст (ҷадвали 2) меёбем. Пуркунии ҷадвалро аз кунчи шимолу ғарб сар мекунем.

Ҷадвали 3
Таблица 3
Table 3

$B_i \backslash A_i$	Семоҳаи якуми соли 2019 B_1	Семоҳаи дуюми соли 2019 B_2	Семоҳаи сеюми соли 2019 B_3	Семоҳаи чоруми соли 2019 B_4	Захира
Сементи тоҷик A_1	0,075 59639,510	+0,065 41106,3	0,068 0	0,075 34925,360	135671,170
Мохир Семент A_2	+0,09 0	0,11 4286,92	0,095 39810,860	0,1 0	44097,780
Талабот	59639,510	45393,220	39810,860	34925,360	179768,950

Ҳамин тавр, нақшаи аввалаи кашондани бор ҳосил карда шуд.

Ин ҷо, инчунин шумораи пунктҳои фиристонӣ $m=2$ ва шумораи пунктҳои таъинот $n=4$ мебошанд. Бинобар ин, ҳалли базисии масъала бо ададҳои муайян карда мешаванд, ки дар катакҷаҳои пуршуда истодаанд: $2+4-1=5$.

Модели математикии арзиши минималии кашонидани семент чунин намуд дорад:

$$\min F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = 0.075 \cdot 59639,510 + 0.065 \cdot 41106,3 + 0.075 \cdot 34925,360 + 0,11 \cdot 4286,92 + 0,095 \cdot 39810,860 = 4174,7657 + 2671,9095 + 2619,402 + 471,5612 + 3782,0317 = 13719,6701$$

$$\min F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Потенциалҳоро меёбем. Барои ҳар як катакҷаҳои базисӣ муодилаи $v_j - u_i = c_{ij}$ тартиб медиҳем ва $u_1 = 0$ фарз карда, ҳосил мекунем:

$$v_1 - u_1 = 0,07; \quad v_2 - u_1 = 0,065; \quad v_4 - u_1 = 0,075; \quad v_2 - u_2 = 0,11; \quad v_3 - u_2 = 0,095.$$

$$u_1 = 0; \quad v_1 = 0,07; \quad v_2 = 0,065; \quad v_4 = 0,075; \quad u_2 = -0,045, \quad v_3 = 0,05.$$

Барои ҳар як катакҷаҳои холӣ, баҳоҳои нисбиро аз формулаи $\gamma_{ij} = v_j - u_i - c_{ij}$ истифода карда, ҳисоб мекунем:

$$\gamma_{13} = v_3 - u_1 - c_{13} = 0,05 - 0 - 0,068 = -0,018$$

$$\gamma_{21} = v_1 - u_2 - c_{21} = 0,07 + 0,045 - 0,09 = 0,025$$

$$\gamma_{24} = v_4 - u_2 - c_{24} = 0,075 + 0,045 - 0,10 = 0,02$$

Баҳоҳои нисбиро таҳлил менамоем. Агар ҳама $\gamma_{ij} \leq 0$ бошад, он гоҳ мувофиқи теоремаи дар боло овардашуда ҳал оптималӣ аст, агар бошад, ки $\gamma_{ij} > 0$, он гоҳ гузориш ба ҳалли базисии нав.

Азбаски байни ададҳои γ_{ij} ададҳои мусбат мавҷуд, он гоҳ ҳалли базисии ҳосилшуда оптималӣ нест ва бояд ба ҳалли базисии нав гузарем.

Барои ин аз байни ададҳои γ_{ij} адади мусбати калонтаринашро интихоб карда, ба ин катокчаи ҳолӣ аломати “+” ва ба ҳама боқимонда катокчаҳо бо навбат аломатҳои “-” ва “+” гузошта мешавад, яъне дар қадами аввал катокчаи ҳолӣ (бе бор) ба сикли катокчаҳои бордор ҳамроҳ карда мешавад. Хурдтарин аз ададҳои x_{ij} , ки дар катокчаҳои минусӣ истодаанд, дар як вақт ин адад ба ададҳои илова карда мешаванд, ки дар катокчаҳои плюсиӣ истодаанд ва аз ададҳои дар катокчаҳои минусӣ буда, тарҳ мекунем.

Бинобар ин, дар қадами 2-ум барои катокчаи ҳолӣ бо қимати калонтарин $\gamma_{ij} = 0,025$ сикли аз нав ҳисобкунӣ месозем ва кӯчониш аз рӯи ин сикл ба адади хурдтарин дар катокчаи минусаи баробари 4286,92 аст, мегузорем. Катокчае, ки дар он ин адад ҷойгир аст дар ҷадвали нави 4 озод мегардад.

Ҷадвали 4
Таблица 4
Table 4

$B_j \backslash A_i$	Семоҳаи якуми соли 2019 B_1	Семоҳаи дуюми соли 2019 B_2	Семоҳаи сеюми соли 2019 B_3	Семоҳаи чоруми соли 2019 B_4	Захира
Сементи тоҷик A_1	- 0,07 55352,59	0,065 45393,220	+ 0,068 0	0,075 34925,360	135671,170
Моҳир Семент A_2	+ 0,09 4286,92	0,11 0	- 0,095 39810,860	0,1 0	44097,780
Талабот	59639,510	45393,220	39810,860	34925,360	179768,950

Моделҳои математикии арзиши минималии кашонидани семент дар қадами 2-юм чунин намуд дорад:

$$\begin{aligned} \min F(x) &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} = 0,07 \cdot 55352,59 + 0,065 \cdot 45393,220 + 0,075 \cdot 34925,360 + \\ &+ 0,09 \cdot 4286,92 + 0,095 \cdot 39810,860 = 3872,6813 + 2950,5593 + 2619,402 + 385,8228 + \\ &+ 3782,0317 = 13612,4971 \end{aligned}$$

Барои ҳалли базисии нави ҳосилшуда, потенциалҳоро меёбем:

$$\begin{aligned} v_1 + u_1 &= 0,07; & v_2 - u_1 &= 0,065; & v_4 - u_1 &= 0,075; & v_1 - u_2 &= 0,11; & v_3 - u_2 &= 0,095. \\ u_1 &= 0; & v_1 &= 0,07; & v_2 &= 0,065; & v_4 &= 0,075; & u_2 &= -0,02, & v_3 &= 0,075. \end{aligned}$$

Барои ҳар як катокчаи ҳолӣ нақшаи оптималии боркашониро меёбем:

$$\gamma_{13} = v_3 - u_1 - c_{13} = 0,075 - 0 - 0,078 = 0,007$$

$$\gamma_{22} = v_2 - u_2 - c_{22} = 0,065 + 0,02 - 0,11 = -0,025$$

$$\gamma_{24} = v_4 - u_2 - c_{24} = 0,075 + 0,02 - 0,1 = -0,005$$

Азбаски байни ададҳои γ_{ij} адади мусбат мавҷуд, он гоҳ ҳалли базисии ҳосилшуда оптималӣ нест ва бояд ба ҳалли базисии нав гузарем.

Ҳалли базисии навро аз катакҷаи γ_{13} сар мекунем, ки натиҷаш дар ҷадвали 5 овардашудааст.

Ҷадвали 5
Таблица 5
Table 5

$B_i \backslash A_i$	Семоҳаи якуми соли 2019 B_1	Семоҳаи дуюми соли 2019 B_2	Семоҳаи сеюми соли 2019 B_3	Семоҳаи чоруми соли 2019 B_4	Захира
Сементи тоҷик A_1	0,07 15541,73	0,065 45393,220	0,068 39810,860	0,075 34925,360	135671,170
Моҳир Семент A_2	0,09 44097,78	0,11 0	0,095 0	0,1 0	44097,780
Талабот	59639,510	45393,220	39810,860	34925,360	179768,950

Дар ин қадам модели математикии арзиши минималии кашонидани семент чунин намуд дорад:

$$\min F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = 0,07 \cdot 15541,73 + 0,065 \cdot 45393,220 + 0,068 \cdot 39810,860 + 0,075 \cdot 34925,360 + 0,09 \cdot 44097,78 = 1087,9211 + 2950,5593 + 2707,13848 + 2619,402 + 3968,8002 = 13333,82108.$$

Потенциалҳоро меёбем.

$$v_1 - u_1 = 0,07; \quad v_2 - u_1 = 0,065; \quad v_3 - u_1 = 0,068; \quad v_4 - u_1 = 0,075; \quad v_1 - u_2 = 0,09.$$

$$u_1 = 0; \quad v_1 = 0,07; \quad v_2 = 0,065; \quad v_3 = 0,068; \quad v_4 = 0,075, \quad u_2 = -0,02.$$

Нақшаи оптималии боркашониро меёбем:

$$\gamma_{22} = v_3 - u_2 - c_{22} = 0,065 + 0,02 - 0,11 = -0,025$$

$$\gamma_{23} = v_3 - u_2 - c_{23} = 0,068 + 0,02 - 0,095 = -0,007$$

$$\gamma_{24} = v_4 - u_2 - c_{24} = 0,075 + 0,02 - 0,1 = -0,005$$

Азбаски дар байни ададҳои γ_{ij} мусбат нест, он гоҳ мувофиқи теоремаи дар боло овардашуда ҳалли ҳосилшуда оптималӣ аст, яъне

$$X = \begin{pmatrix} 15541,73 & 45393,220 & 39810,860 & 34925,360 \\ 44097,78 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

функсияи мақсад, $\min F(x) = 1333,82108$ аст.

АДАБИЁТ

1. Вагнер, Г. Основы исследования операций/ Г. Вагнер // – М.: Мир, 1972. – 337с.
2. Глебов Н. И. Методы оптимизации. Учеб. Пособие / Н. И. Глебов, Ю. А. Кочетов, А. В. Плясунов. Новосибирск: НГУ, 2000. – 105с.
3. Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Новые направления в линейном программировании/ Е.Г. Гольштейн, Д.Б. Юдин//– М.: Сов.радио, 1992. – 527с.
4. Данциг Дж. Линейное программирование, его обобщения и применения/ Дж. Данциг// – М.: Прогресс, 1966. – 602с.
5. Зайченко Ю.П. Исследование операций/ Ю.П. Зайченко // – Киев: Слово, 2003. – 688 с.
6. Таха Х. Введение в исследование операций/ Х. Таха //– М.: Мир, 1985. – 248 с.
7. Канторович Л. В. Применение математических методов в вопросах анализа грузопотоков/Л.В.Канторович, М.К.Гавурин // Проблемы повышения эффективности работы транспорта. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – С. 110-138.
8. Канторович Л. В. Математика и экономика/ Л.В.Канторович, М.К.Гавурин // Взаимопроникновение наук // Вестник ЛГУ. - 1977. № 13. Математика. Механика. Астрономия, вып. 3. - С. 31-38.
9. Хегай Ю. А. Перспективы и проблемы развития рынка транспортно-логистических услуг / Ю.А. Хегай // Теория и практика общественного развития. - 2014. - Т. 3. - С. 267–271.
10. Афраймович Л.Г. Многоиндексные транспортные задачи с 1-вложенной структурой /Л.Г.Афраймович, А.С.Катеров, М.Х.Прилуцкий // Автоматика и телемеханика. — 2016. — № 11. – С.18-42.
11. Юнусӣ М.К. Методҳои оптимизатсионӣ: васоити таълимӣ / М.К. Юнусӣ, Р.Н. Одинаев //– Душанбе, 2014. – 179с.
12. Юнусӣ М.К. Таълиқи амалиёт: васоити таълимӣ / М.К. Юнусӣ, Р.Н. Одинаев // – Душанбе, 2001. – 144 с.
13. Одинаев Р.Н. Методҳои оптимизатсионӣ дар мисоли масъалаҳо: васоити таълимӣ / Р.Н. Одинаев, Фаррухшоҳ Раимзода, Фарахноз Раимзода, Н. Шерматов // Душанбе: «ЭР-граф», 2020. – 147 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Wagner G. Fundamentals of the study of operation / G. Wagner // - M. : Mir, 1972. - 337p.
2. Glebov NI Optimization methods. Textbook. Manual / N. I. Glebov, Yu. A. Kochetov, A. V. Plyasunov. Novosibirsk: NSU, 2000 . – 105 p.
3. Holstein E.G., Yudin D.B. New directions in linear programming / E.G. Holstein, D.B. Yudin // - M. : Soviet radio, 1992 . – 527 p.
4. Danzig J. Linear programming, its generalizations and applications / J. Danzig // - M. : Progress, 1966. – 602 p.
5. Zaychenko Yu.P. Investigation of operations / Yu.P. Zaichenko // - Kiev: Slovo, 2003 . – 688 p.
6. Taha H. Introduction to the study of operations / H. Taha // - M. : Mir, 1985. - 248 p.
7. Kantorovich LV, Gavurin MK Application of mathematical methods in the analysis of freight traffic / LV Kantorovich, MK Gavurin // Problems of increasing the efficiency of transport. - M. ; L. : Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1949. – P. 110-138.
8. Kantorovich LV Mathematics and Economics / LV Kantorovich, MK Gavurin // Interpenetration of Sciences // Vestnik LSU. - 1977. No. 13. Mathematics. Mechanics. Astronomy, no. 3. – P. 31-38.
9. Khegay Yu. A. Prospects and problems of development of the market of transport and logistics services / Y. Khegay // Theory and practice of social development. - 2014. - Т. 3. – P. 267–271.
10. Afraimovich L.G. Afraimovich L.G., Katerov A.S., Prilutskiy M.Kh., Multi-index transport problems with 1-nested structure // Automation and Telemechanics. - 2016. - No. 11. – P.18-42.
11. Ynusi M.K. Optimization methods: teaching aids / M.K. Ynusi, R.N. Odinaev // - Dushanbe, 2014. - 179 p.
12. Ynusi M.K. Operational research: teaching aids / M.K. Ynusi, R.N. Odinaev // - Dushanbe, 2001. - 144 p.
13. Одинаев Р.Н. Optimization methods in examples and problems: teaching aids / R.N. Odinaev, Farrukhshoh Raimzoda, Farahnoz Raimzoda, N. Shermatov // Dushanbe: «ER-graf», 2020. - 147 p.

МОДЕЛИ МАТЕМАТИКИИ БОРКАШОНИИ НАҚЛИЁТИИ ЧУМХУРИИ ТОҶИКИСТОН ДАР МИСОЛИ НБО РОГУН БО ИСТИФОДАБАРИИ МЕТОДҲОИ БАРНОМАСОЗИИ ХАТӢ

Комплекси нақлиётии Тоҷикистон соҳаи базавии иқтисодиёт буда, арзиши калони иқтисодӣ, иқтимоӣ, маданӣ ва мудофиавӣ мебошад ва тарақиёти давлатро муайян мекунад. Дар ҳамаи соҳаҳои иқтисодиёти чумхурӣ, таҷрибаҳо нишон медиҳад, ки нақлиёт чун системаи хизматрасони истифода мебардад. Модели математикии раванди боркашонии нақлиётӣ бояд ҳалли муамморо дар интиҳоби хатсайрҳои расондани бор, инчунин, муайян намудани ҳаҷми боркашонӣ дар даври интиҳоби вақт таъмин намояд. Тарақиёти системаи расондани борҳо нишон медиҳад, ки ояндаи интенсификасияи раванди боркашонӣ фақат аз ҳисоби қорӣ кардани принципи вақти қайдкардашудаи вақти расонидани борҳо ба истемолкунандагон аст, яъне тадбиқи принципи логистикии “аниқ дар муҳлат” мебошад. Дар ин мақола, моделсозии раванди боркашонии нақлиётӣ Тоҷикистон, ки проблемаи муҳими илмӣ мебошад, тадқиқ карда шудааст. Барои НБО-и Роғун, маҳсулоти сохтмонӣ семент, ки аз заводҳои сементистехсолкунандаҳои “Сементи тоҷик” ва “Мохир семент” кашонида мешавад, аз методҳои барномасозии хатӣ, методи потенциалҳо истифода карда, ҳалли оптималии кашонидани семент, яъне арзиши минималии модели математикии масъалаи нақлиёт, ёфта шудааст.

Калидвожаҳо: масъалаи нақлиёт, боркашонӣ, барномасозии хатӣ, методи потенциалҳо, инфрасохтор, арзиши минималӣ, ҳалли оптималӣ, ҳалли базисӣ, модели математикӣ, нақшаи аввала, функсияи мақсад.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГРУЗОПЕРЕВОЗКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН НА ПРИМЕРЕ РОГУНСКОЙ ГЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Транспортный комплекс Таджикистан является базовой отраслью экономики, имеет большое экономическое, социальное, культурное, оборонное значение и определяет развитие государства. Во всех областях экономики республики, практика показывает, что транспорт, как обслуживающая система, используется. Математическая модель транспортной грузоперевозки процесса должна обеспечивать решение проблем в выборе маршрутов доставки грузов, а также определение объемов перевозок за выбранный период времени. Развитие систем доставки грузов показывает, что дальнейшая интенсификация процесса перевозки возможна только за счет, внедрения принципа фиксированного времени доставки грузов потребителям, т.е. применения логистического принципа «точно в срок». В данной статье исследуются моделирование процесса транспортной грузоперевозки Таджикистан, который является важной научной проблемой. Для Рогунской ГЭС строительные материалы цемент, который доставляется из цементных заводов “Таджик цемент” и “Мохир цемент”, с использованием методов линейного программирования, метода потенциалов, было найдено оптимальное решение перевозки цемента, т.е. минимальная стоимость математической модели транспортной задачи.

Ключевые слова: транспортная задача, грузоперевозки, линейные программирование, инфраструктура, минимальные стоимость, базисные решение, оптимальные решение, метод потенциалов, математическая модель, начальный план, целевая функция.

MATHEMATICAL MODEL OF CARGO TRANSPORTATION OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN AT THE PREMIER ROGUNSKAYA HPP USING LINEAR PROGRAMMING METHODS

The transport complex of Tajikistan is the basic sector of the economy, has great economic, social, cultural, defense significance and determines the development of the state. In all areas of the economy of the republic, practice shows that transport, as a service system, is used. The mathematical model of the transport cargo transportation process should provide a solution to problems in choosing routes for the delivery of goods, as well as determining the volume of traffic for a selected period of time. The development of cargo delivery systems shows that further intensification of the transportation process is possible only due to the introduction of the principle of a fixed time of delivery of goods to consumers, i.e. application of the logistics principle "just in time". This article examines the modeling of the process of transport cargo transportation in Tajikistan, which is an important scientific problem. For Rogun HPP, the building material is cement, which is delivered from the cement plants “Tajik Cement” and “Mohir Cement”, using linear programming methods, the method of potentials, an optimal solution for the transportation of cement was found, i.e. the minimum cost of the mathematical model of the transport problem.

Keywords: transport problem, cargo transportation, linear programming, infrastructure, minimum cost, basic solution, optimal solution, potential method, mathematical model, initial plan, objective function.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Одинаев Раим Назарович* - Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои физикаю математика, профессор, декани факултети механикаю математика. **Суроға:** 734025, Чумхурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** raim_odinaev@mail.ru. **Тел.:** 919-23-02-50

Мавлонзода Сафарали Ҳикматулло – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ассистенти кафедраи информатика. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** mavlonov_s96@mail.ru. **Тел.:** 909-90-90-51

Сведения об авторах: Одинаев Раим Назарович – Таджикский национальный университет, доктор физико-математических наук, профессор, декан механико-математического факультета. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** raim_odinaev@mail.ru. **Тел.:** 919-23-02-50

Мавлонзода Сафарали Ҳикматулло – Таджикский национальный университет, ассистент кафедры информатики. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** mavlonov_s96@mail.ru. **Тел.:** 909-90-90-51

Information about the authors: Odinaev Raim Nazarovich – Tajik National University, doctor of physics and mathematics, professor, dean of the faculty of mechanics and mathematics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** raim_odinaev@mail.ru. **Phone:** 919-23-02-50

Mavlonzoda Safarali Hikmatullo – Tajik National University, Assistant of the Informatica Department. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** mavlonov_s96@mail.ru. **Phone:** 909-90-90-51

УДК: 519.2(075)

АЛГОРИТМИ ТАШАККУЛИ ҶАДВАЛИ КОРРЕЛЯТСИОНӢ ВА ҲОСИЛ КАРДАНИ МУОДИЛАҲОИ РЕГРЕССИЯ

Шерматов Н., Ҳакимиён С.Ф.
Донишгоҳи милли Тоҷикистон

Ҳангоми дида баромадани миқдори зиёди масъалаҳои амалӣ бо бузургиҳои вомехӯрем, ки дар байни онҳо нисбат ба вобастагиҳои функционалӣ алоқаи мураккабтаре ба монанди вобастагиҳои стохастикӣ ва коррелятсионӣ мавҷуд аст.

Бигузур вобастагии ду бузургии X ва Y омӯхта шавад. Дар натиҷаи гузаронидани миқдори калони таҷриба (мушоҳида) қиматҳои якхелаи бузургии X n_x маротиба, қиматҳои якхелаи бузургии Y n_y ва қиматҳои якхелаи ҷуфти (x_i, y_i) n_{xy} маротиба мушоҳида шуда бошанд. Ин қиматҳоро дар ҷадвали коррелятсионӣ ворид менамоем (*ҷадвали 1*).

Ҷадвали 1.
Таблица 1.
Table 1.

X Y	X_1	X_2	...	X_m	n_y
y_1	n_{11}	n_{12}	...	n_{1m}	$\sum y_1$
y_2	n_{21}	n_{22}	...	n_{2m}	$\sum y_2$
...
y_k	n_{k1}	n_{k2}	...	n_{km}	$\sum y_k$
n_x	$\sum x_1$	$\sum x_2$	...	$\sum x_m$	$\sum n_y$ $\sum n_x$

Баъди ташаккули ин ҷадвал, муодилаҳои регрессияи бузургии Y нисбат ба бузургии X ва бузургии X нисбат ба бузургии Y ҳосил карда мешаванд.

Алгоритми ташаккули ҷадвали коррелятсионӣ:

% - ин бақия аз таксим.

- муайянкунии миқдори нуқтаҳои x_m ва u_k :

$$m = \sqrt{V} + t_1, t_1 = 1, 2, 3, \dots$$

$$k = \sqrt{V} + t_2, t_2 = 1, 2, 3, \dots$$

- муайянкунии қадамҳо:

$$h_x = (V + s_1) \% 7 + 1$$

$$h_y = (V + s_2) \% 9 + 1$$

- муайянкунии қиматҳои аввалии x_0 ва y_0 :

$$x_0 = (V \% 5) * \mu, \mu = 0, 1, 2, \dots$$

$$y_0 = (V \% 3) * \gamma, \gamma = 0, 1, 2, \dots$$

- муайянкунии қиматҳои минбаъда:

$$x_j = x_{j-1} + h_x, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$y_j = y_{j-1} + h_y, i = 1, 2, 3, \dots, k$$

- муайянкунии зудихои мувофиқ:

$$n_{ij} = \frac{V + x_i + y_j}{(|17 - h_x - h_y + (x_i + y_j) \% 4|)^{|i-j|+1}} \quad (1)$$

Масалан, ҳангоми $V = 100, t_1 = 6, t_2 = 5, s_1 = 2, s_2 = 13,$

$\mu = 0, \gamma = 1$ будан, ҳисобкуниҳоро мегузaronем.

$$m = \sqrt{100} + 6 \% 5 = 10 + 1 = 11$$

$$k = \sqrt{100} + 5 \% 3 = 10 + 2 = 12$$

$$h_x = (100 + 2) \% 7 + 1 = 4 + 1 = 5$$

$$h_y = (100 + 13) \% 9 + 1 = 5 + 1 = 6$$

$$x_0 = (100 \% 5) * 0 = 0$$

Он гоҳ, $x_1 = 5, x_2 = 10, x_3 = 15, x_4 = 20, x_5 = 25, x_6 = 30, x_7 = 35, x_8 = 40, x_9 = 45, x_{10} = 50, x_{11} = 55$

$$y_0 = (100 \% 3) * 1 = 1$$

Он гоҳ, $y_1 = 7, y_2 = 13, y_3 = 19, y_4 = 25, y_5 = 31, y_6 = 37, y_7 = 43, y_8 = 49, y_9 = 55, y_{10} = 61, y_{11} = 67, y_{12} = 73$

Аз (1) дорем:

$$n_{1,1} = \frac{100 + 5 + 7}{(|17 - 5 - 6 + (5 + 7) \% 4|)^{|1-1|+1}} = \frac{112}{(|6 + 0|)^1} = 18$$

$$n_{1,2} = \frac{100 + 10 + 7}{(|17 - 5 - 6 + (10 + 7) \% 4|)^{|1-2|+1}} = \frac{117}{(|6 + 1|)^2} = 2$$

$$n_{1,3} = \frac{100 + 15 + 7}{(|17 - 5 - 6 + (15 + 7) \% 4|)^{|1-3|+1}} = \frac{117}{(|6 + 2|)^3} = 0$$

$$n_{1,4} = \frac{100 + 20 + 7}{(|17 - 5 - 6 + (20 + 7) \% 4|)^{|1-4|+1}} = \frac{117}{(|6 + 3|)^4}$$

Ҳамин тавр, ҳамаи n_{ij} -ро ҳисоб мекунем.

$$n_{1,1} = 18, n_{1,2} = 2, n_{1,3} = 0, n_{1,4} = 0, n_{1,5} = 0, n_{1,6} = 0, n_{1,7} = 0, n_{1,8} = 0, n_{1,9} = 0, n_{1,10} = 0, n_{1,11} = 0$$

$$n_{2,1} = 1, n_{2,2} = 13, n_{2,3} = 3, n_{2,4} = 0, n_{2,5} = 0, n_{2,6} = 0, n_{2,7} = 0, n_{2,8} = 0, n_{2,9} = 0, n_{2,10} = 0, n_{2,11} = 0$$

$$n_{3,1} = 0, n_{3,2} = 13, n_{3,3} = 3, n_{3,4} = 0, n_{3,5} = 0, n_{3,6} = 0, n_{3,7} = 0, n_{3,8} = 0, n_{3,9} = 0, n_{3,10} = 0, n_{3,11} = 0$$

$$n_{4,1} = 0, n_{4,2} = 0, n_{4,3} = 3, n_{4,4} = 20, n_{4,5} = 2, n_{4,6} = 0, n_{4,7} = 0, n_{4,8} = 0, n_{4,9} = 0, n_{4,10} = 0, n_{4,11} = 0$$

$$n_{5,1} = 0, n_{5,2} = 0, n_{5,3} = 0, n_{5,4} = 1, n_{5,5} = 26, n_{5,6} = 3, n_{5,7} = 0, n_{5,8} = 0, n_{5,9} = 0, n_{5,10} = 0, n_{5,11} = 0$$

$$n_{6,1} = 0, n_{6,2} = 0, n_{6,3} = 0, n_{6,4} = 0, n_{6,5} = 2, n_{6,6} = 18, n_{6,7} = 4, n_{6,8} = 0, n_{6,9} = 0, n_{6,10} = 0, n_{6,11} = 0$$

$$n_{7,1} = 0, n_{7,2} = 0, n_{7,3} = 0, n_{7,4} = 0, n_{7,5} = 0, n_{7,6} = 3, n_{7,7} = 22, n_{7,8} = 2, n_{7,9} = 0, n_{7,10} = 0, n_{7,11} = 0$$

$$n_{8,1} = 0, n_{8,2} = 0, n_{8,3} = 0, n_{8,4} = 0, n_{8,5} = 0, n_{8,6} = 0, n_{8,7} = 5, n_{8,8} = 27, n_{8,9} = 0, n_{8,10} = 0, n_{8,11} = 0$$

$$n_{9,1} = 0, n_{9,2} = 0, n_{9,3} = 0, n_{9,4} = 0, n_{9,5} = 0, n_{9,6} = 0, n_{9,7} = 0, n_{9,8} = 2, n_{9,9} = 33, n_{9,10} = 4, n_{9,11} = 0$$

$$n_{10,1} = 0, n_{10,2} = 0, n_{10,3} = 0, n_{10,4} = 0, n_{10,5} = 0, n_{10,6} = 0, n_{10,7} = 0, n_{10,8} = 0, n_{10,9} = 3, n_{10,10} = 23, n_{10,11} = 6$$

$$n_{11,1} = 0, n_{11,2} = 0, n_{11,3} = 0, n_{11,4} = 0, n_{11,5} = 0, n_{11,6} = 0, n_{11,7} = 0, n_{11,8} = 0, n_{11,9} = 0, n_{11,10} = 4, n_{11,11} = 27$$

$$n_{12,1} = 0, n_{12,2} = 0, n_{12,3} = 0, n_{12,4} = 0, n_{12,5} = 0, n_{12,6} = 0, n_{12,7} = 0, n_{12,8} = 0, n_{12,9} = 0, n_{12,10} = 0, n_{12,11} = 6$$

Натиҷаҳо дар ҷадвали 2 ворид менамоем.

Ҷадвали 2
Таблица 2
Table 2

		0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	y
	8											0
3		3										7
9			6									9
5				0								5
1					6							0
7						8						4
3							2					7
9								7				5
5									3			9
1										3		2
7											7	1
3												
x	9	7	2	2	0	4	1	1	9	1	9	05

Барои ҳосил кардани муодилаҳои регрессия бузургҳои зерин ҳисоб карда шудаанд [2, с.263]:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m n_{x_i} \cdot x_i, \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_{y_i} \cdot y_i, \bar{x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m n_{x_i} \cdot x_i^2$$

$$\bar{y^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_{y_i} \cdot y_i^2, \sigma_x = \sqrt{\bar{x^2} - (\bar{x})^2}, \sigma_y = \sqrt{\bar{y^2} - (\bar{y})^2}$$

$$\text{Яъне, } \bar{x} \approx 41,485245; \bar{y} \approx 33,704918; \bar{x^2} \approx 2066,101639;$$

$$\bar{y^2} \approx 1371,475098; \sigma_x \approx 18,576221; \sigma_y \approx 15,344507;$$

$$\sum n_{xy} \cdot xy = 355365.$$

Коэффитсиенти коррелятсияи интиҳоб аз формулаи

$$r_u = \frac{\sum n_{xy} \cdot xy - n \cdot \bar{x} \bar{y}}{n \cdot \sigma_y \cdot \sigma_x} \text{ ҳисоб карда мешавад: } r_u \approx 0,988523.$$

Натиҷаи ҳисобҳоро ба муодилаҳои зерини регрессияи бузургии Ҷнисбат ба бузургии Хва бузургии Хнисбат ба бузургии Ҷмегузорем.

$$\overline{y}_x - \bar{y} = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot r_u (x - \bar{x})$$

ва

$$\overline{x}_y - \bar{x} = \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \cdot r_u (y - \bar{y})$$

Он гоҳ, чунин муодилаҳоро ҳосил мекунем:

$$\overline{y}_x \approx -0,39085 + 0,822493x$$

ва

$$\overline{x}_y \approx 1,315527 + 1,188069y$$

Ин муодилаҳо ва, инчунин, чадвали коррелясионӣ дар монитор бароварда мешаванд (нигар ба расм).

V/x	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	Ny
7	18	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
13	1	13	3	-	-	-	-	-	-	-	-	17
19	-	2	16	1	-	-	-	-	-	-	-	19
25	-	-	3	20	2	-	-	-	-	-	-	25
31	-	-	-	1	25	3	-	-	-	-	-	30
37	-	-	-	-	2	18	4	-	-	-	-	24
43	-	-	-	-	-	3	22	2	-	-	-	27
49	-	-	-	-	-	-	5	27	3	-	-	35
55	-	-	-	-	-	-	-	2	33	4	-	39
61	-	-	-	-	-	-	-	-	3	23	6	32
67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	27	31
73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6
Nx	19	17	22	22	30	24	31	31	35	31	39	305

Дар поён алгоритм ва коди барнома дар забони C++ оварда шудааст.

Алгоритм

- Ибтидо
- Доҳилкунии V, t1, t2, s1, s2, u, gamma
- Ҳисобкунии m, k, hx, hy, x0, y0


```
int m = System::Math::Sqrt(V) + t1 % 5;
int k = System::Math::Sqrt(V) + t2 % 3;
int hx = (V + s1) % 7 + 1;
int hy = (V + s2) % 9 + 1;
int x0 = (V % 5) * u;
int y0 = (V % 3) * gamma;
```
- Ҳисобкунии ва хориҷкунии x1, x2, ..., xm; y1, y2, ..., yk


```
for (int j = 1; j <= m; j++) {
    X += hx;
    n[0][j] = X;
    dataGridView1->Rows[0]->Cells[j]->Value =
System::Convert::ToString(X);
    nx[j] = 0;
}
for (int i = 1; i <= k; i++) {
    Y += hy;
    n[i][0] = Y;
```

```

dataGridView1->Rows[i]->Cells[0]->Value = System::Convert::ToString(Y);
ny[i] = 0;
}

```

5. Хисобкунӣ ва хориҷкунии n_{ij}

```

for (int i = 1; i <= k; i++) {
for (int j = 1; j <= m; j++) {
n[i][j] = (V + n[0][j] + n[i][0]) / (System::Math::Pow(System::Math::Abs(17 - hx - hy +
(n[0][j] + n[i][0]) % 4), System::Math::Abs(i - j) + 1));
if (n[i][j] == 0) {
dataGridView1->Rows[i]->Cells[j]->Value = "-";
} else {
dataGridView1->Rows[i]->Cells[j]->Value = System::Convert::ToString(n[i][j]);
}
ny[i] += n[i][j];
nx[j] += n[i][j];
nsum += n[i][j];
}
}
}

```

6. Интиҳо

Коди барнома:

```

#include "MyForm.h"
using namespace System;
using namespace System::Windows::Forms;
[STAThreadAttribute]
void Main(array<String^>^ args) {
Application::EnableVisualStyles();
Application::SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
CLREmpty::MyForm form;
Application::Run(% form);
}

////////
////////////////////////////////////
////////

#pragma once

namespace CLREmpty {

using namespace System;
using namespace System::ComponentModel;
using namespace System::Collections;
using namespace System::Windows::Forms;
using namespace System::Data;
using namespace System::Drawing;
using namespace std;

/// <summary>
/// Summary for MyForm
/// </summary>
public ref class MyForm : public System::Windows::Forms::Form
{

```

```

public:
    MyForm(void)
    {
        InitializeComponent();
        //
        //TODO: Add the constructor code here
        //
    }

protected:
    /// <summary>
    /// Clean up any resources being used.
    /// </summary>
    ~MyForm()
    {
        if (components)
        {
            delete components;
        }
    }

private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox1;
private: System::Windows::Forms::Label^ label1;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox2;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox3;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox4;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox5;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox6;
private: System::Windows::Forms::TextBox^ textBox7;
private: System::Windows::Forms::Label^ label2;
private: System::Windows::Forms::Label^ label3;
private: System::Windows::Forms::Label^ label4;
private: System::Windows::Forms::Label^ label5;
private: System::Windows::Forms::Label^ label6;
private: System::Windows::Forms::Label^ label7;
private: System::Windows::Forms::Button^ button1;
private: System::Windows::Forms::Label^ label8;
private: System::Windows::Forms::DataGridView^ dataGridView1;
private: System::Windows::Forms::Label^ label9;
private: System::Windows::Forms::Label^ label10;
private: System::Windows::Forms::Label^ label11;
private: System::Windows::Forms::Label^ label12;

protected:

private:
    /// <summary>
    /// Required designer variable.
    /// </summary>
    System::ComponentModel::Container ^components;

#pragma region Windows Form Designer generated code
    /// <summary>
    /// Required method for Designer support - do not modify
    /// the contents of this method with the code editor.

```

```

/// </summary>
void InitializeComponent(void)
{
    this->textBox1 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->label1 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->textBox2 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->textBox3 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->textBox4 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->textBox5 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->textBox6 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->textBox7 = (gcnew System::Windows::Forms::TextBox());
    this->label2 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label3 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label4 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label5 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label6 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label7 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->button1 = (gcnew System::Windows::Forms::Button());
    this->label8 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->dataGridView1 = (gcnew
System::Windows::Forms::DataGridView());
    this->label9 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label10 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label11 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    this->label12 = (gcnew System::Windows::Forms::Label());
    (cli::safe_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this-
>dataGridView1))->BeginInit();
    this->SuspendLayout();
    //
    // textBox1
    //
    this->textBox1->Location = System::Drawing::Point(63, 12);
    this->textBox1->Name = L"textBox1";
    this->textBox1->Size = System::Drawing::Size(63, 20);
    this->textBox1->TabIndex = 0;
    //
    // label1
    //
    this->label1->AutoSize = true;
    this->label1->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Arial
Rounded MT Bold", 12.75F, System::Drawing::FontStyle::Italic,
System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(0)));
    this->label1->Location = System::Drawing::Point(26, 12);
    this->label1->Name = L"label1";
    this->label1->Size = System::Drawing::Size(31, 20);
    this->label1->TabIndex = 1;
    this->label1->Text = L"V=|r|n";
    //
    // textBox2
    //
    this->textBox2->Location = System::Drawing::Point(182, 12);
    this->textBox2->Name = L"textBox2";
    this->textBox2->Size = System::Drawing::Size(63, 20);

```

```

this->textBox2->TabIndex = 2;
//
// textBox3
//
this->textBox3->Location = System::Drawing::Point(308, 12);
this->textBox3->Name = L"textBox3";
this->textBox3->Size = System::Drawing::Size(63, 20);
this->textBox3->TabIndex = 3;
//
// textBox4
//
this->textBox4->Location = System::Drawing::Point(440, 12);
this->textBox4->Name = L"textBox4";
this->textBox4->Size = System::Drawing::Size(63, 20);
this->textBox4->TabIndex = 4;
//
// textBox5
//
this->textBox5->Location = System::Drawing::Point(578, 12);
this->textBox5->Name = L"textBox5";
this->textBox5->Size = System::Drawing::Size(63, 20);
this->textBox5->TabIndex = 5;
//
// textBox6
//
this->textBox6->Location = System::Drawing::Point(706, 12);
this->textBox6->Name = L"textBox6";
this->textBox6->Size = System::Drawing::Size(63, 20);
this->textBox6->TabIndex = 6;
//
// textBox7
//
this->textBox7->Location = System::Drawing::Point(830, 12);
this->textBox7->Name = L"textBox7";
this->textBox7->Size = System::Drawing::Size(63, 20);
this->textBox7->TabIndex = 7;
//
// label2
//
this->label2->AutoSize = true;
this->label2->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Arial
Rounded MT Bold", 12.75F, System::Drawing::FontStyle::Italic,
System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
    static_cast<System::Byte>(0)));
this->label2->Location = System::Drawing::Point(396, 12);
this->label2->Name = L"label2";
this->label2->Size = System::Drawing::Size(38, 20);
this->label2->TabIndex = 8;
this->label2->Text = L"s1=";
//
// label3
//
this->label3->AutoSize = true;

```

```

    this->label3->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Arial Rounded MT Bold",
12.75F, System::Drawing::FontStyle::Italic, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(0)));
    this->label3->Location = System::Drawing::Point(534, 12);
    this->label3->Name = L"label3";
    this->label3->Size = System::Drawing::Size(38, 20);
    this->label3->TabIndex = 9;
    this->label3->Text = L"s2=";
    //
    // label4
    //
    this->label4->AutoSize = true;
    this->label4->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Arial
Rounded MT Bold", 12.75F, System::Drawing::FontStyle::Italic,
System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(0)));
    this->label4->Location = System::Drawing::Point(141, 12);
    this->label4->Name = L"label4";
    this->label4->Size = System::Drawing::Size(35, 20);
    this->label4->TabIndex = 10;
    this->label4->Text = L"t1=";
    //
    // label5
    //
    this->label5->AutoSize = true;
    this->label5->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Arial
Rounded MT Bold", 12.75F, System::Drawing::FontStyle::Italic,
System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(0)));
    this->label5->ForeColor = System::Drawing::Color::Black;
    this->label5->Location = System::Drawing::Point(796, 12);
    this->label5->Name = L"label5";
    this->label5->Size = System::Drawing::Size(28, 20);
    this->label5->TabIndex = 11;
    this->label5->Text = L"y=";
    //
    // label6
    //
    this->label6->AutoSize = true;
    this->label6->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Arial
Rounded MT Bold", 12.75F, System::Drawing::FontStyle::Italic,
System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(0)));
    this->label6->Location = System::Drawing::Point(267, 12);
    this->label6->Name = L"label6";
    this->label6->Size = System::Drawing::Size(35, 20);
    this->label6->TabIndex = 12;
    this->label6->Text = L"t2=";
    //
    // label7
    //
    this->label7->AutoSize = true;

```

```

        this->label7->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Arial
Rounded MT Bold", 12.75F, System::Drawing::FontStyle::Italic,
System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(0)));
        this->label7->Location = System::Drawing::Point(671, 12);
        this->label7->Name = L"label7";
        this->label7->Size = System::Drawing::Size(29, 20);
        this->label7->TabIndex = 13;
        this->label7->Text = L"μ=";
        //
        // button1
        //
        this->button1->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft
Sans Serif", 12, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(0)));
        this->button1->Location = System::Drawing::Point(924, 7);
        this->button1->Name = L"button1";
        this->button1->Size = System::Drawing::Size(75, 30);
        this->button1->TabIndex = 14;
        this->button1->Text = L"solve";
        this->button1->UseVisualStyleBackColor = true;
        this->button1->Click += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::solve);
        //
        // label8
        //
        this->label8->AutoSize = true;
        this->label8->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft
Sans Serif", 9.75F, System::Drawing::FontStyle::Italic,
System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
        static_cast<System::Byte>(0)));
        this->label8->Location = System::Drawing::Point(27, 55);
        this->label8->Name = L"label8";
        this->label8->Size = System::Drawing::Size(45, 16);
        this->label8->TabIndex = 15;
        this->label8->Text = L"label8";
        //
        // dataGridView1
        //
        this->dataGridView1->AutoSizeColumnsMode =
System::Windows::Forms::DataGridViewAutoSizeColumnsMode::Fill;
        this->dataGridView1->AutoSizeRowsMode =
System::Windows::Forms::DataGridViewAutoSizeRowsMode::AllCells;
        this->dataGridView1->BackgroundColor =
System::Drawing::Color::White;
        this->dataGridView1->ColumnHeadersHeightSizeMode =
System::Windows::Forms::DataGridViewColumnHeadersHeightSizeMode::AutoSize;
        this->dataGridView1->ColumnHeadersVisible = false;
        this->dataGridView1->Location = System::Drawing::Point(30, 90);
        this->dataGridView1->Name = L"dataGridView1";
        this->dataGridView1->ReadOnly = true;
        this->dataGridView1->RowHeadersVisible = false;
        this->dataGridView1->Size = System::Drawing::Size(969, 423);
        this->dataGridView1->TabIndex = 16;

```



```

this->dataGridView1->Visible = false;
//
// label9
//
this->label9->AutoSize = true;
this->label9->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft
Sans Serif", 12, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(0)));
this->label9->Location = System::Drawing::Point(440, 51);
this->label9->Name = L"label9";
this->label9->Size = System::Drawing::Size(35, 20);
this->label9->TabIndex = 17;
this->label9->Text = L"yx=";
this->label9->Visible = false;
//
// label10
//
this->label10->AutoSize = true;
this->label10->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft
Sans Serif", 12, System::Drawing::FontStyle::Bold, System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(0)));
this->label10->Location = System::Drawing::Point(702, 52);
this->label10->Name = L"label10";
this->label10->Size = System::Drawing::Size(35, 20);
this->label10->TabIndex = 18;
this->label10->Text = L"xy=";
this->label10->Visible = false;
//
// label11
//
this->label11->AutoSize = true;
this->label11->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft
Sans Serif", 12, System::Drawing::FontStyle::Regular,
System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(0)));
this->label11->Location = System::Drawing::Point(471, 50);
this->label11->Name = L"label11";
this->label11->Size = System::Drawing::Size(60, 20);
this->label11->TabIndex = 19;
this->label11->Text = L"label11";
this->label11->Visible = false;
//
// label12
//
this->label12->AutoSize = true;
this->label12->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Microsoft
Sans Serif", 12, System::Drawing::FontStyle::Regular,
System::Drawing::GraphicsUnit::Point,
static_cast<System::Byte>(0)));
this->label12->Location = System::Drawing::Point(732, 51);
this->label12->Name = L"label12";
this->label12->Size = System::Drawing::Size(60, 20);
this->label12->TabIndex = 20;
this->label12->Text = L"label12";

```

```

        this->label12->Visible = false;
        //
        // MyForm
        //
        this->AutoScaleDimensions = System::Drawing::SizeF(6, 13);
        this->AutoScaleMode =
System::Windows::Forms::AutoScaleMode::Font;
        this->ClientSize = System::Drawing::Size(1027, 525);
        this->Controls->Add(this->label12);
        this->Controls->Add(this->label11);
        this->Controls->Add(this->label10);
        this->Controls->Add(this->label9);
        this->Controls->Add(this->dataGridView1);
        this->Controls->Add(this->label8);
        this->Controls->Add(this->button1);
        this->Controls->Add(this->label7);
        this->Controls->Add(this->label6);
        this->Controls->Add(this->label5);
        this->Controls->Add(this->label4);
        this->Controls->Add(this->label3);
        this->Controls->Add(this->label2);
        this->Controls->Add(this->textBox7);
        this->Controls->Add(this->textBox6);
        this->Controls->Add(this->textBox5);
        this->Controls->Add(this->textBox4);
        this->Controls->Add(this->textBox3);
        this->Controls->Add(this->textBox2);
        this->Controls->Add(this->label1);
        this->Controls->Add(this->textBox1);
        this->Name = L"MyForm";
        this->Text = L"Data";
        this->Load += gcnew System::EventHandler(this,
&MyForm::MyForm_Load);
        (cli::safe_cast<System::ComponentModel::ISupportInitialize^>(this-
>dataGridView1))->EndInit();
        this->ResumeLayout(false);
        this->PerformLayout();

    }
#pragma endregion
    int V, t1, t2, s1, s2, u, gamma;
private: System::Void MyForm_Load(System::Object^ sender, System::EventArgs^
e) {
    }
private: System::Void solve(System::Object^ sender, System::EventArgs^ e) {
    try {
        V = Int32::Parse(textBox1->Text);
        t1 = Int32::Parse(textBox2->Text);
        t2 = Int32::Parse(textBox3->Text);
        s1 = Int32::Parse(textBox4->Text);
        s2 = Int32::Parse(textBox5->Text);
        u = Int32::Parse(textBox6->Text);
        gamma = Int32::Parse(textBox7->Text);
    }
}

```

```

        //label8->Text = " v1=" + textBox1->Text + " t1=" + textBox2->Text
+ " t2=" + textBox3->Text + " s1=" + textBox4->Text + " s2=" + textBox5->Text + " u="
+ textBox6->Text + " gamma=" + textBox7->Text;
        label8->ForeColor = System::Drawing::Color::Green;

    }
    catch (...) {
        label8->Text = "Wrong data!";
        label8->ForeColor = System::Drawing::Color::Red;
        dataGridView1->Visible = false;
        return;
    }
    generate_Table();
}

private: System::Void generate_Table() {
    //int m = (V % 7) + t1;
    int m = System::Math::Sqrt(V) + t1 % 5;
    //int k = (V % 5) + t2;
    int k = System::Math::Sqrt(V) + t2 % 3;
    //int hx = (V + 15) % 7 + s1;
    int hx = (V + s1) % 7 + 1;
    //int hy = (V + 15) % 9 + s2;
    int hy = (V + s2) % 9 + 1;
    //int x0 = (V % 5) + u;
    int x0 = (V % 5) * u;
    //int y0 = (V % 3) + gamma;
    int y0 = (V % 3) * gamma;
    int n[100][100]; // korr table
    int ny[100], nx[100];
    intnsum = 0;
    //int hx = u + 1;
    //int hy = gamma + 1;
    //int x0 = t1;
    //int y0 = s1;
    //int m = (t2 - t1) / hx + 1;
    //int k = (s2 - s1) / hy + 1;

    dataGridView1->ColumnCount = m + 2;
    dataGridView1->RowCount = k + 2;
    dataGridView1->Visible = true;
    int X = x0, Y = y0;
    dataGridView1->Rows[0]->Cells[0]->Value = "Y / X";

    for (int j = 1; j <= m; j++) {
        X += hx;
        n[0][j] = X;
        dataGridView1->Rows[0]->Cells[j]->Value =
System::Convert::ToString(X);
        nx[j] = 0;
    }
    for (inti = 1; i <= k; i++) {
        Y += hy;
        n[i][0] = Y;
    }
}

```

```

        dataGridView1->Rows[i]->Cells[0]->Value =
System::Convert::ToString(Y);
        ny[i] = 0;
    }
    for (inti = 1; i <= k; i++) {
        for (int j = 1; j <= m; j++) {

            // n[i][j] = System::Math::Abs((V + 5 * j) % 6) +
            //
System::Math::Abs(System::Math::Abs(System::Math::Abs(V - 4 * i) % 7 - 2) - 4);

            /* if (n[i][0] / 2 >= n[0][j]) {
                n[i][j] = 0;
            }
            else {
                n[i][j] = (V / n[0][j]) * (n[i][0] / n[0][j]);
            } */
            // n[i][j] = V / System::Math::Pow( (System::Math::Abs(n[0][j] -
n[i][0]) + System::Math::Abs(n[0][j] + hx - 1 - (n[i][0] + hy + 1)) + 1), System::Math::Abs(i -
j) + 1);

            // n[i][j] = V / System::Math::Pow((System::Math::Abs(n[0][j] -
n[i][0]) + System::Math::Abs(n[0][j] + hx - 1 - (n[i][0] + hy + 1)) + 1), System::Math::Abs(i -
j) + 1);

            // n[i][j] = V / (System::Math::Abs(n[0][j] - n[i][0]) +
System::Math::Abs(n[0][j] + hx - 1 - (n[i][0] + hy + 1)) + 1);
            n[i][j] = (V + n[0][j] + n[i][0]) /
(System::Math::Pow(System::Math::Abs(17 - hx - hy + (n[0][j] + n[i][0]) % 4),
System::Math::Abs(i - j) + 1));
            if (n[i][j] == 0) {
                dataGridView1->Rows[i]->Cells[j]->Value = "-";
            } else {
                dataGridView1->Rows[i]->Cells[j]->Value =
System::Convert::ToString(n[i][j]);
            }
            ny[i] += n[i][j];
            nx[j] += n[i][j];
            nsum += n[i][j];
        }
    }

    dataGridView1->Rows[k + 1]->Cells[m + 1]->Value =
System::Convert::ToString(nsum);
    dataGridView1->Rows[k + 1]->Cells[0]->Value = "Nx";
    dataGridView1->Rows[0]->Cells[m + 1]->Value = "Ny";
    for (int j = 1; j <= m; j++) {
        dataGridView1->Rows[k + 1]->Cells[j]->Value =
System::Convert::ToString(nx[j]);
    }
    for (inti = 1; i <= k; i++) {
        dataGridView1->Rows[i]->Cells[m + 1]->Value =
System::Convert::ToString(ny[i]);
    }

```

```

// REG EQUATION
double x_ = 0.0, y_ = 0.0, x2_ = 0.0, y2_ = 0.0, ax = 0.0, ay = 0.0, ru = 0.0,
nxysum = 0.0;
for (inti = 1; i <= k; i++) {
    x_ += ny[i] * n[i][0];
}
x_ = x_ / nsum;
for (int j = 1; j <= m; j++) {
    y_ += nx[j] * n[0][j];
}
y_ = y_ / nsum;
for (inti = 1; i <= k; i++) {
    x2_ += ny[i] * n[i][0] * n[i][0];
}
x2_ = x2_ / nsum;
for (int j = 1; j <= m; j++) {
    y2_ += nx[j] * n[0][j] * n[0][j];
}
y2_ = y2_ / nsum;
ax = System::Math::Sqrt(x2_ - x_ * x_);
ay = System::Math::Sqrt(y2_ - y_ * y_);
for (inti = 1; i <= k; i++) {
    for (int j = 1; j <= m; j++) {
        nxysum += n[i][j] * n[0][j] * n[i][0];
    }
}
ru = (nxysum - nsum * x_ * y_) / (nsum * ax * ay);

// yx;
double h = (ay * ru) / ax;
// label8->Text += " h = " + System::Convert::ToString(h);
// label8->Text += "\n" + " ru = " + System::Convert::ToString(ru) + " x_ = "
+ System::Convert::ToString(x_) + " y_ = " + System::Convert::ToString(y_) + " ax = " +
System::Convert::ToString(ax) + " ay = " + System::Convert::ToString(ay);
// label8->Text += " x2_ = " + System::Convert::ToString(x2_);
// label8->Text += " y2_ = " + System::Convert::ToString(y2_);
// label8->Text += " nxysum = " + System::Convert::ToString(nxysum);
double v = h * (-x_) + y_;
label11->Text = System::Convert::ToString(System::Math::Floor(v *
1000000.0) / 1000000.0);
if (h < 0.0) {
    label11->Text += System::Convert::ToString(System::Math::Floor(h *
1000000.0) / 1000000.0) + "x";
}
else {
    label11->Text +=
"+" + System::Convert::ToString(System::Math::Floor(h * 1000000.0) / 1000000.0) + "x";
}

// xy
h = (ax * ru) / ay;
v = h * (-y_) + x_;
label12->Text = System::Convert::ToString(System::Math::Floor(v *
1000000.0) / 1000000.0);

```

```

        if (h < 0.0) {
            label12->Text += System::Convert::ToString(System::Math::Floor(h *
1000000.0) / 1000000.0) + "y";
        }
        else {
            label12->Text +=
"+" + System::Convert::ToString(System::Math::Floor(h * 1000000.0) / 1000000.0) + "y";
        }
        label11->Visible = true;
        label12->Visible = true;
        label10->Visible = true;
        label9->Visible = true;    }
};
}

```

АДАБИЁТ

1. Самандаров Э.Г. Асосҳои назарияи эҳтимолият// Э.Г.Самандаров, М.Мӯъминов, Н. Шерматов. - Душанбе: Маориф, 1992. – 192 с.
2. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями // А. Хальд. -М.:ИЛ, 1956. – 664 с.
3. Пустильник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений// Е.И. Пустильник. – М.: Физматгиз, 1968. – 288 с.
4. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе вещества// В.В. Налимов. – М.: Физматгиз, 1960. – 430 с.
5. Закс Л. Статистическое оценивание// Л. Закс. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
6. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ, книга 1// Н.Дрейпер, Г.Смит. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 336 с; книга 2,1987. – 351 с.
7. Гафоров А. Б. Маҷмӯи ҳалли мисоли масъалаҳои олимпиада аз математика ва барномасозӣ// А. Б.Гафоров, А. Ҳ. Мирзоев., Ф. М. Кодиров. – Душанбе, 2016. – 146 с.
8. Культин Н.Б. С++Builder в примерах// Н.Б. Культин. –СПб.:БХВ-Петербург, 2005.
9. Архангельский А.Я. С++ Builder 6 и 2006// А.Я. Архангельский, М. А. Тагин. изд Бином, 2007. – 1185 с.
10. Боровский А. С++ и Pascal в Kylix 3. Разработка интернет-приложений и СУБД / А. Боровский. – М.: БХВ-Петербург, 2014. – 544 с.
11. Вальпа О. Borland С++ Builder. Экспресс-курс (+ CD) / О. Вальпа. - М.: БХВ-Петербург, 2012. - 224 с.
12. Макки А. Введение в .NET 4.0 и VisualStudio 2010 для профессионалов / А. Макки. - М.: Вильямс, 2014. – 416 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Samandarov E.G. Fundamentals of probability theory // E.G. Samandarov. -M. Muminov, N. Shermatov. -Dushanbe: Education, 1992. - 192 p.
2. Hald A. Mathematical statistics with technical applications // A. Hald. -M .: IL, 1956 .-- 664 p.
3. Pustilnik E.I. Statistical methods of analysis and processing of observations // E.I. The pusher. - Moscow: Fizmatgiz, 1968 .-- 288 p.
4. Nalimov V.V. The use of mathematical statistics in the analysis of matter // V.V. Nalimov. - M .: Fizmatgiz, 1960 .-- 430 p.
5. Zaks L. Statistical estimation // L. Zaks. - M .: Statistics, 1976 .-- 598 p.
6. Draper N. Applied regression analysis, book 1 // N. Draper, G. Smith. - M .: Finans and statistics, 1998. - 336 p; book 2.1987. - 351 p.
7. Gaforov A. B. A set of examples and problems of the Olympiad in mathematics and programming // A. B.Gaforov, A. H. Mirzoev., G. M. Kadyrov. - Dushanbe, 2016. - 146 p.
8. Kultin N.B. C ++ Builder in Examples // N.B. Kultin. –SPb.: BHV-Petersburg, 2005.
9. Arkhangelsky A.Ya. C ++ Builder 6 and 2006 // A.Ya. Arkhangelsky, M.A.Tagin. ed Binom, 2007. - 1185 p.
10. Borovsky A. C ++ and Pascal in Kylix 3. Development of Internet applications and DBMS / A. Borovsky. - M .: BHV-Petersburg, 2014 .- 544 p.
11. Walpa O. Borland C ++ Builder. Express course (+ CD) / O. Valpa. - M .: BHV-Petersburg, 2012. - 224 p.
12. Mackey A. Introduction to .NET 4.0 and VisualStudio 2010 for professionals / A. Mackey. - M .: Williams, 2014 .- 416 p.

АЛГОРИТМИ ТАШШАКУЛИ ЧАДВАЛИ КОРРЕЛЯЦИОНӢ ВА ҲОСИЛ КАРДАНИ МУОДИЛАҲОИ РЕГРЕССИЯ

Дар илмҳои табиатшиносӣ ва техникӣ бо мафҳуми вобастагии функционалӣ вомехӯрем, ки мохияташ иборат аз он ки бузургии физикӣ чун функсияи яккимата як ё якчанд бузургӣ муайян карда мешавад, яъне чун вобастагии $y = f(x, z, \dots, u)$. Ин ҷо бузургии y бо киматҳои x, z, \dots, u пурра муайян шудааст, яъне алокаи функционалӣ байни бузургҳои тасодуфӣ низ мавҷуд шуданаш мумкин мебошад. Ҳангоми дида баромадани микдори зиёди масъалаҳои амалӣ бо бузургҳои вомехӯрем, ки дар байни онҳо нисбат вобастагии функционалӣ алокаи мураккабтаре мавҷуд аст, ки онҳо вобастагии стохастикӣ ва коррелясионӣ мебошад. Дар назарияи коррелятсия барои барқарор намудани вобастагии байни бузургҳои тасодуфӣ X ва Y n таҷриба гузаронида, киматҳои $X_1, X_2, \dots, X_n; Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ ва $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_m)$ – ро ҳосил мекунем. Байни онҳо яқхела киматҳои X_i, Y_j ва (X_i, Y_j) шуданаш мумкин аст. Ин маълумотҳо гуруҳбандӣ карда шуда, дар чадвали коррелятсионӣ сабт мегарданд. Дар мақола алгоритми ташшакули чадвали коррелятсионӣ ва ҳосил кардани муодилаҳои регрессия, блок-схема ва барнома дар забони C++ коркард шудааст. Аз рӯи алгоритм микдори нуктаҳо, қадамҳои ибтидоию минбаъда, зудихон онҳо муайян карда шуда, чадвали коррелятсионӣ дар монитори компютер бароварда мешавад. Сипас барои ҳосил кардани муодилаҳои регрессия, бузургҳои $\bar{x}, \bar{y}, \overline{x^2}, \overline{y^2}, \sigma_x, \sigma_y, \sum n_{xy}, r_u$ аз рӯи формулаҳои мушаххас ҳисоб карда шуда, муодилаҳои регрессияи бузургии Y нисбат ба бузургии X ва бузургии X нисбат ба бузургии Y низ дар монитори компютер бароварда мешаванд.

Калидвожаҳо: алгоритм, коррелятсия, регрессия, стохастикӣ, бузургҳои тасодуфӣ, блок-схема, барнома.

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ И ПОЛУЧЕНИЯ УРАВНЕНИЙ РЕГРЕССИИ

В естествознании и технике имеем дело с понятием функциональной зависимости заключающегося в том, что какое-либо физическая величина определяется как однозначная функция одной или нескольких величин, т.е. зависимостью вида $y = f(x, z, \dots, u)$. Здесь величина полностью определена значениями x, z, \dots, u , то есть может существовать функциональная связь между случайными величинами. При рассмотрении достаточно большого числа прикладных задач встречаемся с величинами, которые относительно функциональной зависимости связаны более сложными зависимостями типа стохастической или корреляционной. В теории корреляции для установления зависимости между случайными величинами X и Y производится опыт, в результате которого имеем значения $X_1, X_2, \dots, X_n; Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ и $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_m)$. Среди полученных данных могут быть одинаковые значения X_i, Y_j и (X_i, Y_j) . Данные группируются и заполняются в корреляционной таблице. В статье приводится алгоритм формирования корреляционной таблицы и получения уравнения регрессии, а также блок-схема и программа на языке C++. По алгоритму определяются количество точек, шаги по x и y начальные и последующие точки, и их соответствующие частоты. Сформированная корреляционная таблица выводится на монитор компьютера. Далее, для получения уравнения регрессии вычисляются величины, $\bar{x}, \bar{y}, \overline{x^2}, \overline{y^2}, \sigma_x, \sigma_y, \sum n_{xy}, r_u$ по заданным формулам и далее уравнения регрессии величины Y относительно величины X и величины X относительно величины Y также выводятся на монитор компьютера.

Ключевые слова: алгоритм, корреляция, регрессия, стохастическая, случайные величины, блок-схема, программа.

ALGORITHM FOR GENERATING A CORRELATION TABLE AND OBTAINING REGRESSION CONTROL

In natural science and technology we deal with the concept of functional dependence, which consists in the fact that a physical quantity is defined as a single valued function of one or several quantities as well as a dependence of the form $y = f(x, z, \dots, u)$. Have, the value of y is completely determined by the values x, z, \dots, u and that is, there may be a functional relationship between random variables. When considering a sufficiently large number of applied problems, we encounter qualities that are related to functional dependence by more complex dependencies such as stochastic or correlation. In the theory of correlation in order to establish the relationship between random variables X and Y n experiments are performed, as a result, we have the value $X_1, X_2, \dots, X_n; Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ and $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_m)$. Among the data obtained there may be the same X_i, Y_j and (X_i, Y_j) . Data are grouped and supplemented in the correlation table. The article presents the algorithm for generating a correlation table and obtaining a regression equation as well as a block diagram and program in C++. The algorithm determines the number of points, the x ; steps and y ; steps, the initial and subsequent points and their corresponding frequencies. The formed correlation table is displayed on the computer monitor. Further? To obtain the regression equation, the value of $\bar{x}, \bar{y}, \overline{x^2}, \overline{y^2}, \sigma_x, \sigma_y, \sum n_{xy}, r_u$ are calculated according to the specified formulas and then the regression equations of the value of Y with respect to the value of X and the value X and the value of y with respect to the computer monitor.

Keywords: algorithm, correlation, regression, stochastic, the random variables, flowchart, program.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Шерматов Нурмахмад* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи математикаи ҳисоббарорӣ ва механика. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Телефон:** (+992) 904-02-73-07
Ҳакимӣён Сарвинаи Фармондухт – Донишгоҳи Миллии Тоҷикистон, докторанти PhD-и кафедраи моделсозии математикӣ ва компютерӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** sarvina94@mail.ru. **Тел.:** 933-27-04-04

Сведения об авторах: *Шерматов Нурмахмад* – Таджикский национальный университет, доктор технических наук, профессор кафедры вычислительной математики и механики **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Телефон:** (+992) 904-02-73-07
Ҳакимӣён Сарвинаи Фармондухт – Таджикский национальный университет, докторант PhD кафедры математического и компьютерного моделирования. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** sarvina94@mail.ru. **Телефон:** 933-27-04-04

Information about the authors: *Shermatov Nurmahmad* – Tajik National University, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computational Mathematics and Mechanics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** (+992) 904-02-73-07
Hakimiyon Sarvinai Farmondukht – Tajik National University, Doctor Ph.D of the Mathematical and Computer Modeling Department. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** sarvina94@mail.ru. **Phone:** 933-27-04-04

Қосимов И.Л.

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Муҳтаво. Ҳадафи мақола аз тасвир намудани амсилаи математикӣ ва худкорсозии раванди ҷадвали санчишу имтиҳонҳо дар ситемаи таълими анъанавӣ, интиҳоб намудани нақшаи таълимии ихтисосҳо ба ҳайси объект, барои сохтани амсилаи математикӣ, муайян кардани хосиятҳои асосии объект ва тасвири онҳо дар амсилаи математикӣ бо истифода аз забони барномасозии сатҳи баланд, татбиқ кардани амсилаи математикии раванди ҷадвали сессияи санчишию имтиҳонии ихтисосҳои дар донишгоҳ мавҷудбуда иборат мебошад.

Масъалаҳои таҳқиқотӣ:

- коркарди амсилаи математикии раванди ҷадвали сессияи санчишию имтиҳонӣ дар системаи таълими анъанавӣ;

- худкорсозии раванди ҷадвали сессияи санчишию имтиҳонӣ дар системаи таълими анъанавӣ дар заминаи амсилаи математикии мавҷуд буда;

- тадбиқи амсилаи математикӣ дар забони барномасозии объектгаро.

Гузориш. Дар раванди таълим дар макотиби олии сохтани ҷадвали санчишу имтиҳонҳо барои ҳар як семестри соли хониш ҳатмӣ аст. Барои сохтани ҷадвал, дар ҳар як семестр масъулини факултетҳо нақшаҳои таълимиро дар назди худ гузошта, фанҳоро аз рӯи семестрҳо ҷудо намуда, муайян мекунанд, ки кадом фан шакли назораташ санчиш ва кадомаш имтиҳон аст. Ҳар нимсолаи хониш ин амалро масъулини факултетҳо такрор ба такрор иҷро мекунанд. Барои он ки ин корро ҳар як семестр такроран иҷро накунанд, бояд барномаи компютерӣ ё манбаи додаҳои бошад, ки ба таври худкор фанҳоро барои ҳар як семестр ҷудо карда, пешниҳод намояд. Барои сохтани барнома аввал амсилаи математикии объекти интиҳоб карда шуда, баъд ҳамон хосиятҳои асосии объект ба назар гирифта мешавад, ки ба раванди кор таъсир мерасонанд. Дар амсилаи коркардшуда нақшаи таълимӣ ҳамчун объект интиҳоб карда шудааст. Аз объекти интиҳобшуда номгӯи фанҳои таълимие, ки шакли назораташон санчиш ва имтиҳон аст, ҳамчун хосияти асосӣ интиҳоб шудаанд, ки дар амсила ҳамчун тағйирёбанда ишора карда мешаванд: $PZ1_i$, $PZ2_j$, PZN_k , PZN_m , дар ин ҷо $PZ1_i$ - массиви фанҳои санчишии семестри якум, $PZ2_j$ - массиви фанҳои санчишии семестри дуюм, $PZ3_k$ - массиви фанҳои санчишии семестри сеюм ва $PZ4_m$ - массиви фанҳои санчишии семестри чорум мебошад. Фанҳои, ки шакли назораташон имтиҳон аст, дар намуди тағйирёбандаҳои $PE1_i$, $PE2_j$, $PE3_k$, $PE4_m$ ишора шудаанд. Дар ин ҷо, $PE1_i$ - массиви фанҳои имтиҳонии семестри якум, $PE2_j$ - массиви фанҳои имтиҳонии семестри дуюм, $PE3_k$ - массиви фанҳои имтиҳонии семестри сеюм ва $PE4_m$ - массиви фанҳои имтиҳонии семестри чорум мебошанд. [9], [10], [11].

Ин равандро дар шакли формулаҳои математикӣ тасвир кунем, чунин намудро мегирад:

$$CCE1 = \sum_{i=1}^9 PZ1_i + PE1_i, 1$$

$$CCE2 = \sum_{j=1}^7 PZ2_j + PE2_j, 2$$

$$CCE3 = \sum_{k=1}^{12} PZ3_k + PE3_k, \quad 3$$

$$CCE4 = \sum_{m=1}^6 PZ4_m + PE4_m. \quad 4$$

Формулаи (1) амсилаи математикии барои фанҳое, ки дар семестри якум санчиш ва имтиҳон муайян шудааст, мебошад. Дар ин ҷо, $CCE1$, $CCE2$, $CCE3$, $CCE4$ – сессияҳои санчишию имтиҳонии семестри 1, 2, 3 ва 4-ум маъно дорад. $PZ1_i + PE1_i$ - массиви номгӯи фанҳои санчишӣ ва имтиҳонӣ.

Формулаи (2) амсилаи математикии барои фанҳое, ки дар семестри дуюм санчиш ва имтиҳон муайян шудааст, мебошад. Дар ин ҷо, $PZ2_j + PE2_j$ - массиви номгӯи фанҳои санчишӣ ва имтиҳонӣ.

Формулаи (3) амсилаи математикии барои фанҳое, ки дар семестри сеюм санчиш ва имтиҳон муайян шудааст, мебошад. Дар ин ҷо, $PZ3_k + PE3_k$ - массиви номгӯи фанҳои санчишӣ ва имтиҳонӣ.

Формулаи (4) амсилаи математикии барои фанҳое, ки дар семестри чорум санчиш ва имтиҳон муайян шудааст, мебошад. Дар ин ҷо $PZ4_m + PE4_m$ - массиви номгӯи фанҳои санчишӣ ва имтиҳонӣ.

Акнун формулаҳоро дар намуди як система меорем, ки амсилаи математикии чадвали номгӯи фанҳои санчишу имтиҳонӣ дар мисоли ихтисоси информатикаи тадбиқӣ мебошад .

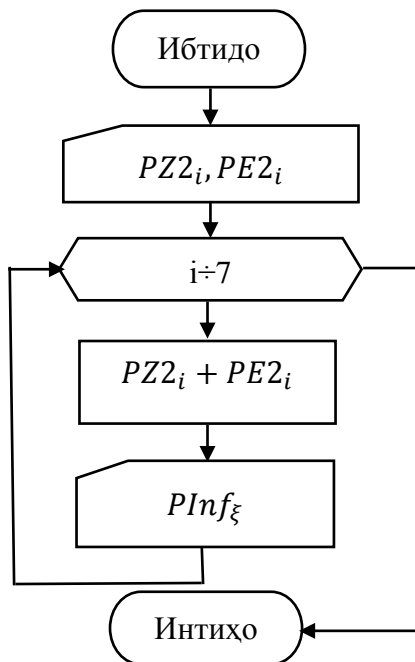
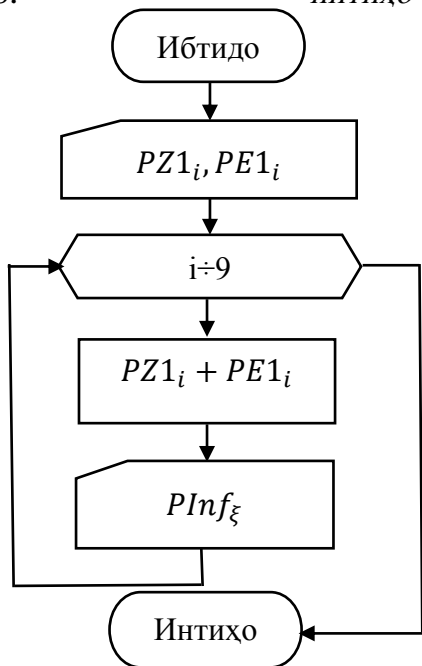
$$PInf_{\xi} = \begin{cases} \sum_{i=1}^9 PZ1_i + PE1_i, \\ \sum_{j=1}^7 PZ2_j + PE2_j, \\ \sum_{k=1}^{12} PZ3_k + PE3_k, \\ \sum_{m=1}^6 PZ4_m + PE4_m. \end{cases}$$

Дар амсилаи математикӣ шумораи максималии элементҳои массив бо ададҳои 9, 7, 12 ва 6 ишора шудааст, ки ин шумораи санчишу имтиҳонҳои нақшай таълимии ихтисоси информатикаи тадбиқӣ барои ҳар як семестр мебошад. Яъне, дар семестри 1-ум 9 санчиш ва 7 имтиҳон омадааст. Бо ҳамин маъно, шумораи санчишу имтиҳонҳо барои семестрҳо ворид карда шудааст. [1], [2].

Алгоритми амсилаи математикиро дар намуди зерин месозем:

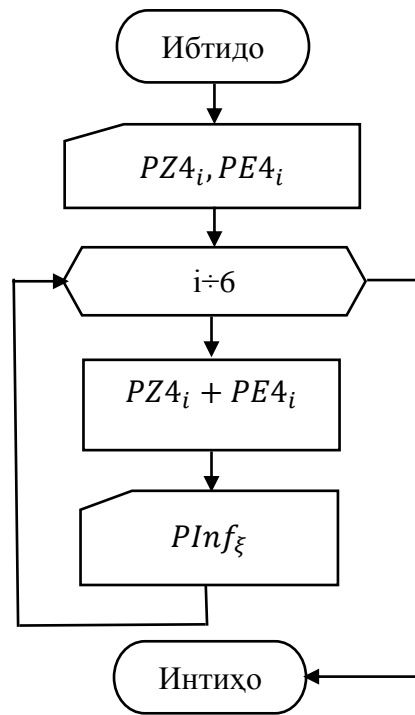
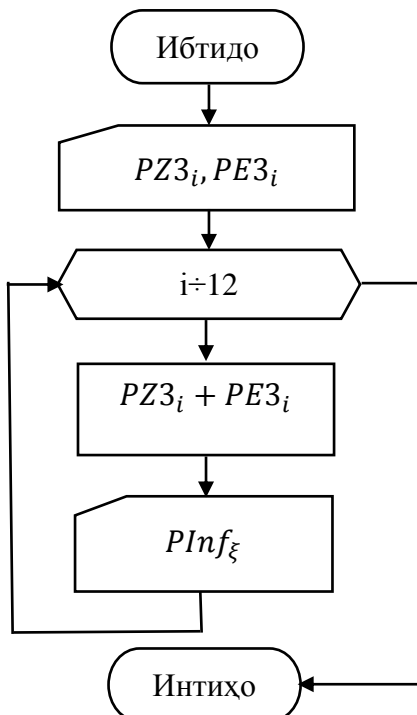
1. *ибтидо*
2. *дохилкунии элементҳои массиви $PZ1_i, PE1_i$*
3. *дохилкунии элементҳои массиви $PZ2_j, PE2_j$*
4. *дохилкунии элементҳои массиви $PZ3_k, PE3_k$*
5. *дохилкунии элементҳои массиви $PZ4_m, PE4_m$*
6. *параметри давр 1 то 9*

7. ҳисобкунии $\sum_{i=1}^9 PZ1_i + PE1_i$
8. хориҷкунии $PInf_{\xi}$
9. параметри давр 1 то 7
10. ҳисобкунии $\sum_{j=1}^7 PZ2_j + PE2_j$
11. хориҷкунии $PInf_{\xi}$
12. параметри давр 1 то 12
13. ҳисобкунии $\sum_{k=1}^{12} PZ3_k + PE3_k$
14. хориҷкунии $PInf_{\xi}$
15. параметри давр 1 то 6
16. ҳисобкунии $\sum_{m=1}^6 PZ4_m + PE4_m$
17. хориҷкунии $PInf_{\xi}$
18. *интиҳо*



Алгоритми

амсилаи математикӣ дар намуди шаклҳои геометрӣ барои семестрҳои якум ва дуюм



Алгоритми амсилаи математикӣ дар намуди шаклҳои геометрӣ барои семестрҳои сеюм ва чорум

Амсилаи компютери масъаларо дар забони объектгароии Microsoft Visual Studio(Visual Basic 2017) месозем: [6].

Коди барнома

Public Class Form1

Private Sub Button1_Click(**ByVal** sender **As** System.Object, **ByVal** e **As** System.EventArgs) **Handles** Button1.Click

Dim PE1(9) **As** String

Dim PZ1(9) **As** String

Dim s **As** String

PZ1(1) = "Таҳлили математикӣ"

PZ1(2) = "Таърихи халқи тоҷик"

PZ1(3) = "Забони тоҷикӣ"

PZ1(4) = "Барномасозӣ"

PZ1(5) = "Забони русӣ"

PZ1(6) = "Тарбияи ҷисмонӣ"

PZ1(7) = "Мантиқи математикӣ"

PZ1(8) = "Алгебра ва назарияи ададҳо"

PZ1(9) = "Геометрияи аналитикӣ"

PE1(1) = "Таҳлили математикӣ "

PE1(2) = "Таърихи халқи тоҷик "

PE1(3) = "Забони тоҷикӣ"

PE1(4) = "Барномасозӣ"

PE1(5) = "Забони русӣ"

PE1(6) = "Мантиқи математикӣ"

PE1(7) = "Алгебра ва назарияи ададҳо"

PE1(8) = "Геометрияи аналитикӣ"

ListBox1.Items.Add("=====")

ListBox1.Items.Add("| НОМГҶИҶИ САНЦИШУ ИМТИҶОНҶОИ СЕМЕСТРИ 1-УМ |")

ListBox1.Items.Add("=====")

ListBox1.Items.Add("=====")

For i = 1 To 9

s = PE1(i) + PZ1(i)

ListBox1.Items.Add(" " & CStr(PZ1(i)) & " " & CStr(PE1(i)))

Next

ListBox1.Items.Add("=====")

End Sub

End Class

Натиҷа:



Натиҷаҳо:

1. Ба сифати объект, нақшаи таълимии ихтисоси информатикаи татбиқӣ интиҳоб шуда, хосиятҳои асосии он барои сохтани амсилаи математикӣ муайян карда шуд;
2. Алгоритми амсилаи математикии ҷадвали санчишю имтиҳонӣ барои ихтисоси информатикаи татбиқӣ тасвир карда шуд;
3. Амсилаи компютери гузориши масъала, дар забони барномасозии объектгарой татбиқ гардид.

АДАБИЁТ

1. Қосимов И.Л. Амсилаи математикӣ ва худкорозии ҷадвали дарсҳо /И.Л. Қосимов // Паёми донишгоҳи миллии Тоҷикистон, (маҷаллаи илмӣ). – Душанбе, «Сино» - 2019. -№1. – С. 13-17.
2. Қосимов И.Л. Сифати таълим ва вобастагии он ба ҷадвали дарсӣ, амсилаи математикии раванди занги дарсҳо / И.Л. Қосимов // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. – Душанбе, 2017. - №1/1. – С. 71-78.
3. Қосимов И.Л. Татбиқи ифодаҳои мантикӣ дар забони барномасозии Python.-Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Н.Хусрав (силсилаи илмҳои табиӣ), № 2/4(69), Бохтар: 2019. – С.34-38.
4. Комилов Ф.С. Имитационная модель динамики экосистемы макрофитного рыболовного пруда/Ф.С.Комилов, И.Л.Косимов. - LAP LAMBERT Academic Publishing (Project ID: #130070; ISBN 978-3-659-80543-1) LAP: OmniScriptum GmbH & Co. KG, Bahnhofstraße 28, D-66111 Saarbrücken, 2015. – 135 с.
5. Қосимов И.Л. Асосҳои Информатика ва технологияҳои компютерӣ И.Л. Қосимов, Ш.Ш. Зиёев // Васоити таълимӣ. – Душанбе, “ЭР-граф”, 2018. – 288с.
6. Қосимов И.Л. Забони барномасозии Visual Basic 0.6 ва маҷмӯи мисолу масъалҳо / И.Л.Қосимов // Васоити таълимӣ. – Душанбе, 2014. – 185с.
7. Мирзоалиев Б.А. Кредитная система обучения: опыт внедрения, проблемы и перспективы/ Б.А.Мирзоалиев, Е.Ж.Махашов. –Шымкент, «Гасыр-Ш», 2005.
8. Сангинов Н.С. Методические рекомендации по разработке учебно-методических комплексов по специальностям и дисциплинам/ Н.С.Сангинов, Ф.К.Рахимов. Душанбе, «Современник», 2007.
9. Сангинов Н.С., Салимов Н.С. Кредитная система образования (на таджикском языке). Душанбе, «Ирфон», 2012
10. Факеров Х.Н. Обеспечение качества высшего образования в Республике Таджикистан/ Х.Н.Факеров, Н.С.Сангинов, З.Х. Кадырова. Душанбе, «Ирфон», 2012.
11. Аминов И.А. Автоматизация управления процессом и качеством образования в вузе ALFAXPress: Руководство пользователя программным обеспечением (Версия 2.0.1.5)/И.А.Аминов, Р.Р.Мирзоев И.Салимов Д.К. Гаффаров. – Худжанд, 2012. – 100 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Qosimov I.L. Mathematical modeling and schedule automation /I.L. Qosimov // Message of the Tajik National University, (scientific journal). - Dushanbe, "Sino" - 2019. -№1. – P. 13-17.
2. Qosimov I.L. The quality of education and its dependence on the schedule, a mathematical model of the bell process / I.L. Qosimov // Message of the Tajik National University. - Dushanbe, 2017. - №1 / 1. – P. 71-78.
3. Qosimov I.L. Application of logical expressions in Python programming language.-Message of Bactria State University named after N.Khusrav (series of natural sciences), № 2/4 (69), Bactria: 2019. – P.34-38.

4. Komilov F.S. Simulation model of the dynamics of the ecosystem of a macrophyte fish pond/ F.S.Komilov, I.L. Qosimov.- LAP LAMBERT Academic Publishing (Project ID: # 130070; ISBN 978-3-659-80543-1) LAP: OmniScriptum GmbH & Co. KG, Bahnhofstraße 28, D-66111 Saarbrücken, 2015 . – 135 p.
5. Qosimov I.L. Informatics and Fundamentals of computer technology. I.L. Qosimov, Sh. Ziyoev // - "Dushanbe-graph", 2018. – 288 p.
6. Qosimov I.L. Programming language Visual Basic 0.6 and set misolu mas'alxo / I.L.Qosimov // - Dushanbe, 2014. – 185 p.
7. Mirzoaliev B.A. Credit training system: implementation experience, problems and prospects / B.A. Mirzoaliev, E.Zh. Makhashov. - Shymkent, "Gasyr-Sh", 2005.
8. Sanginov NS Methodical recommendations for the development of educational and methodical complexes in specialties and disciplines / N.S. Sanginov, F.K. Rakhimov. Dushanbe, Sovremennik, 2007.
9. Sanginov N.S., Salimov N.S. Credit education system (in Tajik). Dushanbe, "Irfon", 2012
10. Fakerov Kh.N. Quality assurance of higher education in the Republic of Tajikistan / Kh.N. Fakerov, N.S. Sanginov, Z.Kh. Kadyrov. Dushanbe, Irfon, 2012.
11. Aminov I.A. Automation of management of the process and quality of education in the university ALFAXPress: Software User's Guide (Version 2.0.1.5) / I.A. Aminov, R.R. Mirzoev I. Salimov D.K. Gaffarov. - Khujand, 2012. – 100 p.

АМСИЛАИ МАТЕМАТИКӢ ВА КОМПЮТЕРИИ ХУДКОРСОЗИИ ЧАДВАЛИ САНЧИШУ ИМТИХОНӢ ДАР СИСТЕМАИ ТАЪЛИМИ АНЪАНАВӢ

Барои садоратҳои факултетҳо, ки ҳарсола ва ҳар як семестр чадвали санчишӯ имтихонӣ аз рӯи нақшаҳои таълимӣ месозанд, пешниҳод шудааст. Амсилаи математикӣ сохташуда барои сохтани барномаи компютерӣ чадвали санчишӯ имтихонӣ имкон медиҳад, ки татбиқ карда шавад. Барои нигоҳдории фанҳои таълимӣ манбаи додаҳо сохта шудааст. Манбаи нигоҳдории фанҳои таълимӣ дар барномаи Microsoft Excel 2017 сохта шудааст. Барномаи компютерӣ сохташуда ба таври худкор фанҳои таълимиро аз манбаи сохташуда якҷаҳин намуда, пешниҳод мекунад. Фанҳо, ки шакли назоратшӯ санчиш аст, дар як сутун ва фанҳо, ки шакли назоратшӯ имтихон аст, дар сутуни алоҳида пешниҳод мешавад. Амсилаи компютерӣ масъалаи додашуда дар забони объектгарии сатҳи баланд Microsoft Visual Basic 2017 татбиқ гардидааст.

Калидвожаҳо: амсила; амсилаи математикӣ; забони барномасозии Visual Basic 2017; забони барномасозии сатҳи баланд; алгоритм; чадвал; санчиш; имтихон; сессия; чадвали санчишӯ имтихонӣ; амсилаи компютерӣ.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ И КОМПЬЮТЕРНЫЙ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАЧЕТНО - ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО РАСПИСАНИЯ В КЛАССИЧЕСКОМ СИСТЕМЕ УЧЁБЕ

Предоставляются для деканатов факультетов, которые каждый год и каждый семестр составляют расписание зачетов и экзаменов по учебному плану. В первые создана математическая модель расписания зачетов и экзаменов по учебному плану. Создание математической модели предоставляет возможность для создания компьютерной модели и его внедрение. Для хранения учебных предметов, создана база данных. С помощью компьютерной модели вызывается предметы из базы данных, обрабатывается и создаётся расписания зачетов и экзаменов. База данных для хранения предметов создано на компьютерную программу Microsoft Excel 2017. Созданные компьютерной модели имеет возможность что бы вызвать предметов из програми Microsoft Excel 2017. Или наоборот, обработанные результаты можно вывести в рабочий книгой Microsoft Excel 2017. Создание компьютерной програми автоматический сортирует выводит предметов из базы данных. Те дисциплины которые у них форма контроля зачет ва одной столбец и те дисциплин которые форма контроля экзамен выводит в другой столбец. Компьютерный модель задачи внедрена в объектно ориентированный язык программирования Microsoft Visual Basic 2017.

Ключевые слова: модель; математический модель; язык программирования Visual Basic 2017; язык программирования высокого уровня; алгоритм; таблица; зачет; экзамен; сессия; расписания; компьютерный модель.

MATHEMATICAL AND COMPUTER MODEL OF AUTOMATION OF THE TEST AND EXAMINATION SCHEDULE IN THE CLASSICAL SYSTEM OF STUDY

They are provided for the deans of faculties, who each year and each semester make a schedule of tests and exams according to the curriculum. In the first, a mathematical model of the schedule of tests and exams according to the curriculum was created. Creating a mathematical model provides an opportunity to create a computer model and implement it. A database has been created for storing academic subjects. With the help of a computer model, the subject is called from the database, processed and created schedules of tests and exams. Database for storing items created on the computer program Microsoft Excel 2017. Created computer models have the ability to call items from Microsoft Excel 2017 programs. Or vice versa, the processed results can be displayed in the Microsoft Excel 2017 workbook. Creating a computer program automatically sorts outputs items from the database. Those disciplines that they have a form of control score in one column and

those disciplines that the form of control exam displays in another column. The computer model of the problem is implemented in the object-oriented programming language Microsoft Visual Basic 2017.

Keywords: model; mathematical model; programming language Visual Basic 2017; high-level programming language; algorithm; table; test; exam; session; schedules; computer model.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Қосимов Исмоил Латипович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои техники, дотсенти кафедраи информатика. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** qosismoil@yandex.ru. **Тел.:** (+992) 918-48-76-37

Сведения об авторе: *Косимов Исмоил Латипович* – Таджикский национальный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** qosismoil@yandex.ru. **Тел.:** (+992) 918-48-76-37.

Information about the authors: *Qasimov Ismail Latipovich* – Tajik national University, Ph.D., docent of the Department of Informatics, **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Aven., 17. **E-mail:** qosismoil@yandex.ru. **Phone:** (+992) 918-48-76-37.

Аҳмадӣ Фулом Саҳӣ

Институти математикаи ба номи А. Ҷӯраев

Ҳаёти муосирро бидуни мавҷудияти интернет тасаввур кардан ғайриимкон аст. Шабакаи умумичаҳони интернет дорои манбаи иттилоотии глобалӣ мебошад, ки он имконияти васеъе барои рушди худидоракунии инсон дар тамоми соҳаҳои ҳаёт ва барои гузаронидани ҳаргуна фароғат пешниҳод менамояд.

Интернет ба тамоми соҳаҳои ҳаёти инсон фаълоне ворид мешавад. Дар ҳақиқат баъди чанд даҳсолаи охир, қариб ҳамаи дастгоҳҳои электронӣ ба як шабакаи азим муттаҳид карда мешаванд. Ин раванд, аллакай, аз чор девори манзилҳои инфиродӣ оғоз ёфта, тадричан дар саросари шаҳр паҳн хоҳад шуд.

Пайдоиш ва рушди шабакаҳо роҳи нави боэътимод ва хеле муассири ҳамкориҳои байни одамонро фароҳам овард. Мисли дигар манбаҳои соҳаи технологияҳои иттилоотӣ, шабакаҳо дар аввал бо мақсадҳои илмӣ истифода мешуданд, сипас ба тамоми соҳаҳои фаъолияти инсон паҳн мешуданд.

Шабакаи компютерӣ – воситаи пуриқтидори мубодилаи иттилоот байни компютерҳо мебошад. Дар амалия вобаста аз ҳаҷми иттилоот барои ҳалли масъалаҳо зарурӣ аз шабакаҳои компютерӣ ва шабакаҳои бесим истифода мебаранд.



Расми 1. Фарқи WiFi 2.4 ва 5 GHz FaraTips

Рис. 1. Разница между WiFi 2,4 и 5 ГГц FaraTips

Fig. 1. WiFi difference 2.4 and 5 GHz FaraTips

Шабакаҳои бесим одатан барои ташкил намудани алоқаи байни компютерҳои як бино ё корхона хизмат менамоянд.

Истифодабарии шабакаҳои бесим ба корбарон имкон медиҳад, ки захираҳои компютер, инчунин дастгоҳҳои беруна, яъне принтерҳо, дискҳо, модемҳои ба шабака пайвастшударо якҷоя истифода баранд [1].

Асосн мақсади асосии мақола аз ин иборат аст.

- ✓ баррасии дурнамои истифодаи шабакаҳои бесим барои ташкили системаҳои идора ва назорати равандҳои технологӣ;
- ✓ таҳлили муқоисавии шабакаҳои бесими мавҷуда ва ошкор намудани афзалиятҳо ва нуқсонҳои асосии онҳо;
- ✓ дар асоси чунин таҳлил, баровардани хулосаи муносиб оид ба истифодаи ин ё он протоколи интиқоли бесими маълумот ҳангоми ҳалли масъалаи мушаххас.

Яке аз шарикони каладии рушди алоқаҳои шабакавӣ, концепсияи маъмул «Интернет ашё» (концепсияи шабакаи интиқоли иттилоот байни объектҳои физикӣ) ба шумор меравад.

Методологияи интернет ашё. Тахмин меравад, ки дар оянда "ашёҳо" иштирокчиёни фаъоли равандҳои тиҷоратӣ, иттилоотӣ ва иҷтимоӣ хоҳанд шуд, ки дар он ҷо онҳо метавонанд байни якдигар ҳамкорӣ ва муошират кунанд ё ин ки мубодилаи иттилоот дар бораи муҳити зист, бидуни даҳлати инсон ба равандҳое, ки дар атрофи ҷаҳон рух медиҳанд, воқуниш ва таъсир расониданд [2].

Қарор аст, ки то соли 2025 якчанд миллиард таҷҳизоти техникӣ ва дастгоҳҳо ба интернет пайваст карда шаванд. Бо вучуди ин, технологияҳои мавҷуда ба монанди WLAN ва LTE-и баландсуръат ҳам ҳастанд, ки барои таъмини чорикунониҳои ҷаҳонии дастгоҳҳои техникӣ ба шабака кофӣ нестанд. Барои нигоҳ доштани чунин миқдор дастгоҳҳо, шабакаҳои нави бесим лозиманд. Барои таъмини татбиқи васеи интернетии саноатии ашӯҳо дар ҳаёти инсоният, бояд такмилдиҳии техникҳои бештар ба амал ояд. Ба онҳо хароҷоти камтар барои нигоҳдорӣ, истеъмоли қувваи барқ барои интиқоли маълумот тавассути шабакаи бесим ва сатҳи дастрасии ба шабака дохил мешаванд. Стандартикунонии протоколҳои интиқоли бесими додаҳо ҳамчун шарт асосии барои рушди интернетии саноатии ашӯ ба ҳисоб меравад [14].

Ташкили шабакаҳо. Дар аксари ҳолатҳо, ташкили дастрасӣ ба шабакаи ҷаҳонӣ Интернет технологияи симӣ истифода мешавад. Бо вучуди ин, интернетии симӣ як қатор нуқсонҳо, аз ҷумла арзиши баланди ташкили шабакаҳо, мушкилии пайвастшавӣ бо коргари нави фазо ҳангоми истифодаи баъзе топологияҳо (масалан, топологияи ситораҳо), зарурат ташкили возеҳи ҷойҳои корӣ, ҳаракатнокии хеле пасти дастгоҳҳои шабакавӣ ва ғайра дорад [13].



*Расми 2. Бастаҳои пурзӯркунандаи мавҷири хона
Рис. 2. Комплекты домашних антенных усилителей
Fig. 2. Home antenna booster packages*

Албатта, шабакаҳои симӣ дар айни замон як қатор афзалиятҳо доранд, ки ба он метавон маҳсулнокии баланд (алҳол суръати интернетии симӣ ба даҳҳо Гбит/с мерасад), тавсеаи қариб номаҳдуди шабака, масунияти баланд ба садо ва ғ дохил мешаванд. Ҳангоми истифодаи технологияҳои шабакавӣ дар саноат аксари бартариҳои интернетии симӣ аҳамият калон надоранд. Худи ҳамин суръати баланд барои интиқоли маълумот барои саноат чандон муҳим нест, зеро интиқоли миқдори зиёди маълумот дар он ҷо вучуд надорад. Дар айни замон, тезҳаракатӣ барои истеҳсолот муҳим аст, ки бо итминони комил шабакаи бесим онро кафолати медиҳад. Шабакаи бесим - шабакае, ки дар асоси принципи бесим асос ёфтааст, ки мутобиқат ба стандартҳои шабакаҳои симии маъмулӣ аст. Ҳамчун интиқолдиҳандаи иттилоот дар чунин шабакаҳо метавонанд мавҷҳои радиои диапазони басомади баланд бошанд [3].



*Расми 3. Шабакаи бесим дар бораи WiFi ва мавҷириҳо
Рис. 3. Беспроводная сеть на WiFi и антеннах
Fig. 3. Wireless network about WiFi and antennas*

Истифодаи шабакаҳои бесим дар саноат. Саноат зиёда аз 30 сол аст, ки шабакаҳои бесимро истифода мебарад ва онҳо амплитуда ё модулятсияи басомади оддиро истифода бурданд. Роҳҳои радио барои ин намудҳои модулятсия аз ҳисоби якҷанд унсурҳои ҷудогона ба осонӣ чамъ карда шуданд. Ба камбудии ин равиш набудани пурраи ҳимояи иттилоот ва маҷрои маҳдуд дохил мешавад

Дар давоми ду даҳсолаи охир як қатор стандартҳои алоқаи бесими боэътимод таҳия карда шуданд. Аз инҳо, аксарият ҳимояи иттилоотиро барои истифодаи васеъ фароҳам меоранд. Илова бар ин, дар солҳои 80-ум якҷанд диапазони нави басомади истифодаи ройгон, аз ҷумла 2,4 ва 5 ГГц пайдо шуданд. Имрӯз, татбиқи қарорҳои стандартии алоқаи радио воситаи камхарҷ ва барои дастгоҳҳои назорат ва идоракунии бехатар гардиданд, ки дар шароити дурдаст ё дар саноат ва корхона кор мекунанд. Вақтҳои охир шабакаҳои сенсорҳои бесим дар саноат васеъ паҳн шудаанд. Шабакаи сенсории бесим, шабакаи худтанзимкунии маҷмӯи сенсорҳо ва дастгоҳҳои тавассути канали радио алоқамандро дар бар мегирад. Маълумтарин протоколҳои шабакаи сенсори бесим ZigBee ва LPWAN мебошанд [4].



*Расми 4. Роҳи осонтарини ташкили шабакаи бесим
Рис. 4. Самый простой способ настроить беспроводную сеть
Fig. 4. The easiest way to set up a wireless network*

Шабакаи сенсории бесими LPWAN. Аввалин прототипҳои шабакаҳои LPWAN ҳанӯз дар солҳои 1980-1990 пайдо шуданд. Аммо, ин шабакаҳо дар он замон ба технологияҳои муассиртар роҳ доданд. LPWAN-ҳои муосир ҳатто бо шабакаҳои 5G таҳияшуда метавонанд рақобат кунанд. Ин, пеш аз ҳама, дар бораи фарогирии васеъ, арзиши пасти таҷҳизот ва таъмир хизматрасонӣ аст. LPWAN дар пайгирии дороиҳо, идоракунии биноҳо, татбиқи концепсияи «шаҳри интеллектуалӣ», «ченкунии оқилона» захираҳо ва дар соҳаи кишоварзӣ ивазнашавандаанд [5].

Асоси принсипи интиқоли маълумот бо истифодаи технологияи LPWAN дар қабати физикӣро ҳосияти системаҳои радиои ташкил медиҳад, яъне афзоиши энергия ва инчунин доираи алоқа бо кам шудани суръати интиқол. Ҳар қадар суръати интиқоли битӣ пасттар аст, ҳамон қадар бештар энергия ба ҳар як бит дода мешавад ва ҳамон қадар онро дар пасманзари садо дар қисми қабулкунандаи система фарқ кардан осонтар аст. Ҳамин тавр, суръати пасти маълумот имкон медиҳад, ки доираи васеътари паҳншавии сигналҳои радио ҳамчун натиҷаи афзоиши доираи нуқтаи қабул ба даст оварда шавад.

Равиши сохтани шабакаи LPWAN ба коркунии шабакаҳои мобилӣ монанд аст. Шабакаи LPWAN топологияи ситораро истифода мебарад, ки дар он ҳар як дастгоҳ мустақиман бо пойгоҳи базавӣ иртибот доранд. Шабакаҳои шаҳрӣ ё минтақавӣ бо истифодаи конфигуратсияи «ситора ситора» сохта мешаванд. Дастгоҳ ё модем бо модули LPWAN маълумотро тавассути канали радио ба пойгоҳи базавӣ интиқол медиҳад. Стансия аз тамоми дастгоҳҳо дар доираи радиуси худ сигналҳоро қабул ва рақамӣ мекунад, ва ба сервери дурдаст бо истифода аз канали мавҷудаи алоқаи Ethernet, cellular, VSAT интиқол медиҳад. Маълумоти дар сервер гирифташуда барои

намоиш, таҳлил, ҳисоботдиҳӣ ва қабули қарорҳо истифода мешаванд. Идоракунии дастгоҳҳо, навсозии нармафзор бо истифода аз канали алоқаи баръакс анҷом дода мешавад. Барои интиқоли маълумот тавассути канали радио, чун қоида, спектри литсензияи басомадҳое, ки барои истифодаи ройгон дар минтақаи сохтмони шабака 2,4 ГГц, 868/915 MHz, 433 MHz, 169 MHz иҷозат дода шудаанд истифода мешаванд, аммо истисноҳо ҳам вучуд доранд [6].



Расми 5. Фарогирии глобалии интернетии бесими Shiraz Megant
Рис. 5. Глобальное покрытие беспроводным интернетом Shiraz Megant
Fig. 5. Global coverage of Shiraz Megant wireless internet

Шабакаи сенсори бесими ZigBee. Таъсисдиҳандаи протоколи ZigBee-ташкилоти ZigBee Alliance мебошад, ки маъсули рушд ва таблиғи он, инчунин сертификатикунони таҷҳизот он мебошад. Бори аввал ZigBee дар соли 2004 ба мардум муаррифӣ шуд. Пас аз як сол, мушаххасоти версияи якуми протокол тасдиқ карда шуд ва он дар дастгоҳҳои ниҳой татбиқ шудан гирифт [7].

ZigBee -протоколи қабати болост, ки дар асоси стандарти бесими IEEE 802.15.4 асос ёфтааст, ки имкон медиҳад протоколҳои гуногун тавассути сигнали радио танзим карда шаванд. ZigBee барои шабакаҳои сенсорҳои камқувват, ки дар масоҳати васеъ тақсим карда шудаанд, пешбинӣ шуда буд. Протоколи мазкур алоқа сохтори шабакаи ячейкавиро истифода мебарад, ки алоқаи бозътимодро байни гиреҳи шабака, ҳифзи маълумоти криптографӣ, усулҳои мукаммали сарфаи энергияро таъмин мекунад. Ҳамин тавр, дар протоколи ZigBee, дастгоҳ метавонад зуд фаъл ва хомӯш карда шавад. Дастгоҳҳо ZigBee арзону дастрас аст. Стандарт имкон медиҳад, ки каналҳо дар якҷанд диапазони басомад истифода шаванд. Баландтарин суръати интиқол ва масунияти беҳтарини садо дар диапазони 2,4 то 2,48 ГГц ба даст оварда мешавад. Дар ин диапазон 16 канал мавҷуд аз рӯи 5 МГц пешбинӣ шудааст.



Расми 6. Намудҳои мавҷгирҳои бесим
Рис. 6. Типы беспроводных антенн
Fig. 6. Types of wireless antennas

Аммо протоколе, ки баррасӣ мешавад, илова бар афзалиятҳои номбаршуда, камбудии назаррас низ дорад. Яке аз онҳо сатҳи пасти интиқоли маълумот аст. Суръати миёнаи интиқоли иттилооти муфид, вобаста ба сарбории шабака ва шумораи интиқол, аз 5 то 40 кбит мебошад, ҳарчанд ин суръат барои кор бо сенсорҳои кофӣ аст. Камбудии дигар ин мушкилоти мутобиқати сахтафзор аст. Онҳо бо як қатор сабабҳо ба вучуд меоянд. Дар навбати аввал стандарт дар солҳои 2006, 2007 ва 2012 аз якҷанд марҳилаи навсозӣ гузаштааст. Муаллифони мушаххасоти нав ба

масъалаҳои мутобиқат тавачҷух зоҳир карданд, аммо амалия нишон медиҳад, ки дар доираи як шабака истифода бурдани ғачетҳои стандартҳои гуногун беҳтар аст [8].

Рақибони мустақими стандартҳои дар боло баррасишуда чунин шабакаҳои маъруф ба монанди Bluetooth ва Wi-Fi [9] мебошанд.

Шабакаи бесими Wi-Fi. Стандартҳои Wi-Fi ё IEEE 802.11a / b / g / n, маъмултарин ҳалли техникӣ ташкили шабакаи бесими TCP / IP барои қорбар ва дастгоҳҳои саноатӣ мебошад. Номи Wi-Fi аз ихтисораи ибораи Wireless Fidelity (алоқайи дақиқӣ бесим) сарчашма мегирад ва стандарти муошират барои дастгоҳҳои шабакаи бесими маҳаллӣ мебошад. Кумитае, ки ин стандартро Ҳамоҳанг мекунад, барои эҷоди шабакаи беҳтарини ивазкундаи TCP / IP вазифаи асосиро дар пеши худ гузоштааст. [10]

Афзалияти бештаре, ки дар байни дигарон дошта буд, ин параметрҳои амният ва суръати интиқоли маълумот ҳисоб мешуд. Дар натиҷаи қобилияти ғунҷоишгузаронӣ 802.11n нисбат ба дигар стандартҳои бесими радиуси қӯтоҳмуддат бештар аст. Ба камбудихо асоси истеъмоли зиёди қувваи барқ ва эҳтиёҷоти захираҳои қалони компютери барои самаранок хизмат расонидан ба стеки протоколи 802.11 дохил мешавад.

Шабакаи бесими Bluetooth. Стандартҳои Bluetooth барои ташкили шабакаи минтақавӣ шахсӣ, ки инсон ва дастгоҳи зехнӣ ро иҷота мекунад ва ба масрафи зиёди энергия ниёз надорад, пешбинӣ шудааст. Стандарт ба талаботи пайвастишавии зуд, сода ва истифодаи қами нуруи барқ ҷавобгӯ аст. Дар шабакаи шахсӣ, мавқеи ҷойгиршавии бисёре наздик аз фиристандаҳо-дар Bluetooth, Ҳамоҳангсозии Ҳамаи дастгоҳҳо барои пешгирӣ қардани сигналҳои такрорӣ аз фиристандаҳои онҳо истифода мегадарад, иҷозат дода мешавад. Ҳангоми қорқарди Bluetooth, инчунин таъминӣ устувор аз қалалёбии



*Расми 8. Дастгоҳи интиқоли бесим. Видеои AV
Рис. 8. Устройство беспроводной передачи. AV видео
Fig. 8. Wireless transmission device. AV video*

дастгоҳҳои Wi-Fi, бо истифода аз алгоритми ба таври номураҷтаби басомад, то паёмҳои дастгоҳи Bluetooth ҳатто ҳангоми ғаъол будани якҷанд қаналҳои Wi-Fi интиқол дода шаванда, ба назар гирифта шудааст. Дар ниҳоят, аз сабаби зичии ҳеле қами интиқолдиҳандаи он, алоқайи Bluetooth нисбат ба алоқайи Wi-Fi сустар аст. Аз ин сабаб, барои истифодаи Bluetooth омӯзиши амиқ ва банақшагирии муҳити радиоро дар ин соҳа талаб намекунад. Система ба даҳолати беруна ва тарафайн ҳеле тобовар аст [12].

Хулоса, барои протоқолҳои баррасишудаи шабакаи бесим, мо қадвали умумиро тартиб медиҳем.

Таснифот	LPWAN	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi
Диқазони басомад, МГц	868	2400–2483	2400–2483	2412–2484
Суръати интиқол маълумот, кбит / с	0,3-50	250	721	11000/54000

Дурии масофаи алоқа, кбит/с	45000	200	Синфи 1-100 Синфи 2-10 Синфи 3-1	100
Истифодабарии чараён (active, sleep), мА/мкА	18/1	30/1	70/20	450
Модулятсия, дастрасӣ ба муҳит	DSSS	DSSS	FHSS	DSSS
Топологияи система	«Ситора»	«Нукта- нукта», «ситора», шабака	«Нукта-нукта», «ситора», шабака	«Нукта-нукта», «ситора»

Ҷадвали 1. Таснифи стандартҳои асосии интиқоли маълумоти бесим
Таблица 1. Классификация основных стандартов беспроводной передачи данных
Table 1. Classification of basic standards for wireless data transmission

Пас аз таҳлили маълумоти пешниҳодшуда, мо метавонем чунин хулоса бароем, ки дар амалия, тақсимот байни ҳамаи стандартҳои алоқавии бесим аломати шартӣро дорад. Стандартҳо бо ҳам мепечанд ва метавонанд дар як лоиҳа рақобат кунанд. Ҳар яке аз стандартҳои баррасишуда бартариҳои худро доранд. Аммо, онҳо он қадар қиддӣ нестанд, аз ин рӯ, интиқоби он ё дигар технологияи бесим аз афзалиятҳои субъективии таҳиягар вобаста аст ва ё бо баъзе шароити мушаххаси беруна муайян карда мешавад:

✓ мавҷудияти инфрасохтори рушдёрфта. Масалан, маълум аст, ки дар ҳама шаҳрҳои калон дар айни замон шабакаҳои нуктаҳои дастрасии Wi-Fi мавҷуд аст ва фаъолна рушд карда истодааст. Маълум аст, ки дар ин ҳолат, барои таҳиякунанда истифодаи модулҳо дар таҳияи худ стандарти Wi-Fi аз ҳама мувофиқ аст.

✓ мавҷудияти сатҳи баланди стандартизатсия ва дастгирии васеи стандарт аз ҷониби бисёр дастгоҳҳои истехсолкунандагони гуногун. Дар ин ҳолат пешвоёни мутлақ стандартҳои Bluetooth ва Wi-Fi хоҳанд буд;

✓ қобилияти пӯшонидани минтақаҳои васеъ бо шабакаҳои бесим ҳангоми нигоҳ доштани истеъмоли ками барқ. Аз ин нуктаи назар, стандартҳои ZigBee ва LPWAN умедбахштарин мебошанд.

Технологияи шабакаҳои бесим хеле босуръат рушд мекунад. Ин шабакаҳо хеле созгор мебошанд, яъне дар навбати аввал барои мошинҳои мобилӣ, аммо дар дигар соҳаҳо ҳам ба монанди (шабакаҳои динамикӣ, ширкатҳо, беморхонаҳо ва ғ.) истифода мебаранд. Лоиҳаҳои ояндадори IEEE 802.11 ва IEEE 802.16 мебошанд, ки бояд нақши ҳамгирой барои шабакаҳои радиоиро ҳамчун 802.3 барои Ethernet иҷро кунанд. Дар системаҳои интиқоли маълумот, ки ба телефони мобилӣ асос ёфтаанд, самтҳои ояндадори стандартҳои 4G ва 5G мебошанд. Шабакаҳои бесим ва системаҳои интиқоли маълумот дар асоси роҳи алоқавии радиои аз рӯи сифати хизматрасонӣ, самаранокӣ, масунияти даҳолат бо системаҳои интиқоли маълумот дар асоси шабакаҳои ҷаҳонӣ ва минтақавӣ наметавонанд рақобат кунанд ва танҳо метавонанд бо шабакаҳои, ки дар асоси як намуди чуфти занҷири алоқа дар шабакаҳои маҳаллӣ пайвастанд, рақобат кунанд.

АДАБИЁТ

1. LPWAN: шабакаҳои оқили оянда [Заҳираи электронӣ] / Chip. - Ҳолати дастрасӣ: <http://ichip.ru/lpwan-umnaya-set-budushhego.html> (санаи дастрасӣ: 10.03.18).
2. Интернетӣ ашё - чист? [Заҳираи электронӣ] / Набр. - Ҳолати дастрасӣ: <https://geektimes.ru/post/149593/> (санаи дастрасӣ: 03/09/18).
3. Ватаманюк, А. Афзалиятҳо ва нуқсонҳои шабакаҳои симӣ / А. Vatamanyuk [Заҳираи электронӣ] / Саҳифаи асосӣ. - Ҳолати дастрасӣ: http://programminglang.com/ru/comp_osnet/vatamanyuk/0/j8.html (санаи дастрасӣ: 03/11/18).
4. WiFi, Bluetooth ё ZigBee - кадом стандарт беҳтар аст? [Манбаи электронӣ] / Ua. Automation.com/ - Ҳолати дастрасӣ: <http://ua.automation.com/content/wifi-bluetooth-ili-zigbee-ka koj standart-luchshe> (санаи дастрасӣ: 09.03.18).
5. Шабакаҳои LPWAN: таърих ва дурнамо [манбаи электронӣ] / IOT.ru. - Ҳолати дастрасӣ: <https://iot.ru/promyshlennost/seti-lpwan-istoriya-i-perspektivy> (санаи дастрасӣ: 03.08.18).

6. LPWAN [Захираи электронӣ] / Википедия. - Ҳолати дастрасӣ: https://ru.wikipedia.org/wiki/LPWAN#cite_ref-arxiv_2-1 (санаи дастрасӣ: 03.08.18).
7. Протоколи ZigBee: технологияҳои бесим дар хизмати хонаи [Захираи электронӣ] / Ferra.ru. - Ҳолати дастрасӣ: <https://www.ferra.ru/ru/digihome/review/SmartHome-ZigBee/> (санаи дастрасӣ: 03.08.18).
8. Шабакаҳои ZigBee. Чаро ва барои чӣ? [Манбаи электронӣ]. - Хабар. - Ҳолати дастрасӣ: <https://habrahabr.ru/post/155037/> (санаи дастрасӣ: 03/07/18).
9. Аникин А. Шарҳи технологияҳои муосири интиқоли бесими маълумот дар диапазонҳои басомади ISM (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi) ва 434/868 МГц / А. Anikin [Захираи электронӣ] / Технологияҳои иттилоотии бесим. - Ҳолати дастрасӣ: http://www.wirelesse.ru/articles/technologies/2011_4_6.php (санаи дастрасӣ: 09.03.18).
10. Марчуков, А.В. Шабакаҳои бесими иттилоотӣ / А. В. Марчуков. - Томск: нашриёти Донишгоҳи политехникии Изво Томск, 2009. - 84 с.
11. Сарой Мухаммад Ризо. Принципиҳо ва асосҳои компютер ва шабака дар техникаи тиббӣ, Нашрияти электронӣ, (2014).
12. Сафой, Фаршод. Шабакаҳои компютерӣ. Ношир: Наврасон. 2008.
13. Самадӣ, Ҳамидуллоҳ. Шабакаҳои компютерӣ. Интишороти Сайид Ҳабибуллоҳ. 2016
14. <http://www.parsbook.org/1389/04/wireless-antenna.html>

REFERENCES LITERATURE

1. LPWAN: future smart network [Electronic resource] / Chip. - Access status: <http://ichip.ru/lpwan-umnaya-set-budushhego.html> (access date: 10.03.18).
2. What is the Internet of Things? [Electronic resource] / Habr. - Access status: <https://geektimes.ru/post/149593/> (access date: 03/09/18).
3. Vatamanyuk, A. Advantages and disadvantages of wired network / A. Vatamanyuk [Resource electronic] / Home. - Access status: http://programminglang.com/ru/comp_osnet/vatamanyuk/0/j8.html (access date: 03/11/18).
4. WiFi, Bluetooth or ZigBee - which standard is better? [Electronic source] / Ua. Automation.com/ - Access status: <http://ua.automation.com/content/wifi-bluetooth-ili-zigbee-kakojstandart-luchshe> (access date: 09.03.18).
5. LPWAN networks: history and perspectives [electronic source] / IOT.ru. -Access status: <https://iot.ru/promyshlennost/seti-lpwan-istoriya-i-perspektivy> (access date: 03.08.18).
6. LPWAN [Electronic Resources]/Wikipedia.-Access status: https://ru.wikipedia.org/wiki/LPWAN#cite_ref-arxiv_2-1 (access date: 03.08.18).
7. ZigBee protocol: wireless technology in the home service [Electronic resource] /Ferra.ru. - Access status: <https://www.ferra.ru/ru/digihome/review/SmartHome-ZigBee/> (access date: 03.08.18).
8. ZigBee Networks. Why and for what? [Electronic source]. - News. - Access status: <https://habrahabr.ru/post/155037/> (access date: 03/07/18).
9. Аникин А. Review of modern wireless data transfer technologies ISM frequency bands (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi) and 434/868 MHz / А. Anikin [Electronic resource] / Wireless Information Technology. - Access status: http://www.wirelesse.ru/articles/technologies/2011_4_6.php (access date: 09.03.18).
10. Marchukov, A.V. Wireless Information Networks / А. В. Marchukov. - Tomsk: publishing house Izvo Tomsk Polytechnic University, 2009. - 84 p.
11. Palace of Muhammad Reza. Principles and Fundamentals of Computer and Networking in Medical Technology, Electronic Publication, (2014).
12. Safoi, Farshod. Computer networks. Publisher: Teenagers. 2008.
13. Samadi, Hamidullah. Computer networks. Published by Sayyid Habibullah. 2016
14. <http://www.parsbook.org/1389/04/wireless-antenna.html>

РУШДИ ШАБАКАҲОИ БЕСИМ ҲАМЧУН ВОСИТАИ НАЗОРAT ВА ИДОРАКУНИИ СИСТЕМАҲОИ ДУРДАСТ

Дар мақола чанбаҳои асосии рушди стандартҳои шабакаи бесим ва истифодабарии онҳо мавриди баррасӣ қарор гирифта, принципҳои ташкил ва кори онҳо муайян карда шуданд. Дар баробари ин, фарқиятҳои асосӣ, сохтор, ҳадаф, афзалиятҳо ва нуқсонҳои технологияҳои ташкили шабакаҳои симӣ ва бесим махсус қайд гардидаанд. Шарҳи мухтасар ва таҳлили муқоисавии сенсори шабакаҳои Wi-Fi ва Bluetooth бо дигар шабакаҳои бесим ва хусусиятҳои асосии соҳаҳои истифодаи ҳар як аз ин технологияҳо дар мақола гирдоварӣ шудаанд. Натиҷаҳои бадастомада имкон медиҳанд, ки ташкили дарсҳои информатика дар макотиби таҳсилоти умумӣ ва донишгоҳҳо аз диди илмӣ ва методӣ ба сатҳи болотар бароварда шавад. Инчунин, натиҷаҳо, ки дар мақола оварда шудаанд, барои муассисоти давлатӣ, ширкатҳои хусусӣ ва афроди алоҳида имконияти хуби танзими корҳои логистикӣ ва коммуникатсиониро фароҳам меоварад. Ин натиҷаҳо имкон медиҳанд, ки миёни марказҳои вилоятҳо ва ҷойҳои дурафта, аз як тараф ва кишварҳои хориҷӣ, аз тарафи дигар, алоқаи доимӣ бо интернет мучаҳҳаз бошад.

Калидвожаҳо: шабакаи бесим, LPWAN, Internet, таҳлили муқоисавӣ, Wi-Fi, Bluetooth.

РАЗВИТИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ УДАЛЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

В этой статье обсуждаются основные аспекты разработки стандартов беспроводных сетей и их применения, а также определяются принципы их организации и работы. При этом выделены основные отличия, структура, назначение, преимущества и недостатки технологий организации проводных и беспроводных сетей. В статье собраны краткий обзор и сравнительный анализ сенсора сетей Wi-Fi и Bluetooth с другими беспроводными сетями, а также основные особенности областей применения каждой из этих технологий. Полученные результаты позволяют организовать уроки информатики в общеобразовательных школах и вузах с научно-методической точки зрения. Представленные в статье результаты также предоставляют хорошую возможность государственным учреждениям, частным компаниям и частным лицам регулировать логистику и коммуникации. Эти результаты позволяют иметь постоянную связь с интернетом между центрами отдаленных провинций и колодцев, с одной стороны, и зарубежными странами, с другой.

Ключевые слова: беспроводная сеть, LPWAN, ZigBee, Интернет, сравнительный анализ, Wi-Fi, Bluetooth.

DEVELOPMENT OF WIRELESS NETWORK AS MEANS OF MONITORING AND MANAGING REMOTE SYSTEMS

This article discusses the main aspects of the development of wireless network standards and their application, and identifies the principles of their organization and operation. At the same time, the main differences, structure, purpose, advantages and disadvantages of technologies for the organization of wired and wireless networks are highlighted. A brief overview and comparative analysis of the sensor of Wi-Fi and Bluetooth networks with other wireless networks and the main features of the areas of application of each of these technologies are collected in the article. The obtained results allow to organize computer science classes in secondary schools and universities from a scientific and methodological point of view. The results presented in the article also provide a good opportunity for government agencies, private companies and individuals to regulate logistics and communications. These results make it possible to have a permanent connection with the Internet between the centers of remote provinces and wells on the one hand, and foreign countries on the other.

Keywords: internet network, LPWAN, ZigBee, comparative analysis, Wi-Fi, Bluetooth.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Аҳмадӣ Фулом Саҳӣ* – Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, докторанти Ph.D-и Институти математикаи ба номи А.Чӯраев. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 33. **E-mail:** sakhiahmadi115@gmail.com. **Тел.:** (+992) 777-09-59-03.

Сведения об авторе: *Ахмади Гулом Сахи* – Национальная академия наук Таджикистана, докторант Ph.D Института математики имени А.Джуроевой. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 33. **E-mail:** sakhiahmadi115@gmail.com. **Тел.:** (+992) 777-09-59-03.

Information about the author: *Ahmadi Ghulom Sakhi* – National Academy of Science of Tajikiston, Ph.D Institute of Mathematics named after A. Juraev. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki avenue, 33. **E-mail:** sakhiahmadi115@gmail.com. **Tel.:** (+992) 777-09-59-03

УДК: 511.325

ОБ ОЦЕНКЕ СУММ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИЙ ЧЕБЫШЕВА ПО ВСЕМ ХАРАКТЕРАМ ДИРИХЛЕ ПО ЗАДАННОГО МОДУЛЯ

Нозиров О.О.

Таджикский национальный университет

При решении ряда задач теории простых чисел возникает вопрос о поведении суммы вида

$$t(x; q) = \sum_{\chi \pmod q} \max_{y \leq x} |\psi(y, \chi)|.$$

Г.Монтгомери [1], пользуясь своей плотностей теоремой, показал, что

$$t(x; q) = (x + x^{\frac{5}{7}} q^{\frac{5}{7}} + x^{\frac{1}{2}} q) L^{17}. \quad (1)$$

Этот результат уточнил Р.Вон [2]. Он с помощью представления

$$\frac{L'}{L} = \left(\frac{L'}{L} + F \right) (1 - FG) + (L' + LF)G - F,$$

где F и G -соответственно частные суммы для рядов Дирихле $\frac{L'}{L}$ и $\frac{1}{L}$, доказал, что

$$t(x; q) = x L^3 + x^{\frac{3}{4}} q^{\frac{5}{8}} L^{\frac{23}{8}} + x^{\frac{1}{2}} q L^{\frac{7}{2}}. \quad (2)$$

В 1989 г. З.Х.Рахмонов в работе [3-5] показал, что

$$t(x; q) = (x + x^{\frac{5}{6}} q^{\frac{1}{2}} + x^{\frac{1}{2}} q) x^{\delta}. \quad (3)$$

Эта оценка сильнее (1) и слабее (2), но доказательство, в отличие от этих оценок, проводится элементарно и опирается на метод А.А.Карацубы решения мультипликативных тернарных задач [6].

Из оценок (1), (2) и (3) для $t(x; q)$ видно, что из трех слагаемых, присутствующих в этих оценках, два крайних равны между собой с точностью конечной степени логарифма и их нельзя вообще улучшить относительно степеней x и q . Поэтому дальнейшим продвижением в оценке $t(x; q)$ может быть только улучшение второго слагаемого, чего добился З.Х.Рахмонов. Он [7-16] с помощью своего метода исследования средних значений арифметических функций типа функции Чебышева по всем характерам Дирихле показал, что доказал, что

$$t(x; q) = \left(x + x^{\frac{4}{5}} q^{\frac{1}{2}} + x^{\frac{1}{2}} q \right) L^{34}.$$

В следующей теореме в этой оценке уточняются степени логарифмов в этих слагаемых.

Теорема. При $x \geq 2$ и $q \geq 1$ имеет место оценка:

$$t(x; q) = x L^{28} + x^{\frac{4}{5}} q^{\frac{1}{2}} L^{31} + x^{\frac{1}{2}} q L^{32}.$$

Схема доказательства теоремы. Поступая аналогично, как при доказательстве теоремы 1 работы [5], оценку суммы $t(x; q)$ сводим к оценке сумм $t_k(q; M, N)$ с помощью соотношений

$$t(x, q) = x^{\frac{1}{2}} \mathbb{L}^9 \sum_{k=1}^4 \max_{y \leq x} t_k(q; M, N) + x + \varphi(q) \mathbb{L}^2, \quad (4)$$

$$t_k(q; M, N) = \sum_{\chi}'' \int_{-T}^T |W_k(0.5 + it, \chi)| \frac{dt}{1 + |t|},$$

где y -полуцелое число, \sum'' - означают, что суммирование ведется по всем примитивным характерам χ по модулям d , $d | q$, $T = (xq)^{10}$,

$$W_k(s, \chi) = \prod_{j=1}^k G_j(s, \chi) S_j(s, \chi), \quad S_j(s, \chi) = \sum_{U_j < n_j \leq 2N_j} \frac{\chi(n_j)}{n_j^s},$$

$$G_j(s, \chi) = \sum_{M_j < m_j \leq 2M_j} \frac{\chi(m_j) \mu(m_j)}{m_j^s}, \quad M_1 \geq \dots \geq M_k, \quad (5)$$

$$N_1 \geq \dots \geq N_k, \quad M_1 \dots M_k N_1 \dots N_k = Y, \quad Y \leq y, \quad M_j \leq y^{\frac{1}{4}},$$

здесь M_j, N_j, U_j - целые положительные числа, $N_j \leq U_j < 2N_j$.

Суммы $t_k(q; M, N)$, $k = 1, 2, 3, 4$ оцениваются с помощью следующих лемм, которые приводим без доказательства:

Лемма 1. Пусть $k_1 \leq k$, $k_2 \leq k$, $k_1 + k_2 = r$, $2^r M_{j_1} \dots M_{j_{k_1}} N_{i_1} \dots N_{i_{k_2}} = X$. Тогда справедлива оценка:

$$t_k(q; M, N) = (Y^{\frac{1}{2}} + X^{\frac{1}{2}} q^{\frac{1}{2}} \mathbb{L} + Y^{\frac{1}{2}} X^{-\frac{1}{2}} q^{\frac{1}{2}} \mathbb{L} + q \mathbb{L}^2) \mathbb{L}^{r^2 + 2k^2 - 2rk - 1}.$$

Лемма 2. Пусть $T \geq N_1^{\frac{1}{2}}$, $q \leq T$. Тогда справедлива оценка:

$$t_k(q; M, N) = \left(\left(\frac{Yq}{N_1 N_2} \right)^{\frac{1}{2}} + q \mathbb{L} \right) \mathbb{L}^{(2(k-1)^2 + 4)}.$$

Лемма 3. Пусть $T \geq N_1^{\frac{1}{2}}$, $q \leq T$. Тогда справедлива оценка:

$$t_k(q; M, N) = \left(\left(\frac{Yq}{N_1} \right)^{\frac{1}{2}} + q \mathbb{L} \right) \mathbb{L}^{(2(k-0.5)^2 + 1)}.$$

Оценки, полученные для $t_k(q; M, N)$ с помощью этих лемм, с ростом параметра k становятся более грубыми, поэтому остановимся на оценке суммы $t_4(q; M, N)$ и рассмотрим семь возможных случаев:

Случай 1. $M_1 M_2 M_3 M_4 \leq Y^{\frac{1}{5}}$. Из соотношений (5) и условия рассматриваемого случая имеем:

$$N_1 N_2 \geq (N_1 N_2 N_3 N_4)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{Y}{M_1 M_2 M_3 M_4} \right)^{\frac{1}{2}} \geq Y^{\frac{2}{5}}.$$

Поэтому по лемме 2, найдем:

$$t_4(q; M, N) = \left(\left(\frac{Yq}{N_1 N_2} \right)^{\frac{1}{2}} + qL \right) L^{22} \leq \left(Y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} + qL \right) L^{22} \leq \left(y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} + qL \right) L^{22}.$$

Случай 2. $Y^{\frac{1}{5}} < M_1 M_2 M_3 M_4 \leq Y^{\frac{2}{5}}$; $N_1 N_2 \leq Y^{\frac{2}{5}}$. Из соотношений (5) и условия рассматриваемого случая имеем:

$$N_1 N_2 N_3 \geq (N_1 N_2 N_3 N_4)^{\frac{3}{4}} \geq \left(\frac{Y}{M_1 M_2 M_3 M_4} \right)^{\frac{3}{4}} \geq \left(Y^{\frac{3}{5}} \right)^{\frac{3}{4}} = Y^{\frac{9}{20}} > Y^{\frac{2}{5}},$$

$$N_1 N_2 N_3 \leq N_1 N_2 \cdot \sqrt{N_1 N_2} = (N_1 N_2)^{\frac{3}{2}} \leq \left(Y^{\frac{2}{5}} \right)^{\frac{3}{2}} = Y^{\frac{3}{5}}.$$

Поэтому, полагая в лемме 1 $X = 8N_1 N_2 N_3$ и имея в виду, что $Y^{\frac{2}{5}} = X = Y^{\frac{3}{5}}$, находим:

$$\begin{aligned} t_4(q; M, N) &= \left(Y^{\frac{1}{2}} + (N_1 N_2 N_3)^{\frac{1}{2}} q^{\frac{1}{2}} L + Y^{\frac{1}{2}} (N_1 N_2 N_3)^{-\frac{1}{2}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{16} \leq \\ &\leq \left(Y^{\frac{1}{2}} + Y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{16} \leq \left(y^{\frac{1}{2}} + y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{16}. \end{aligned}$$

Случай 3. $Y^{\frac{1}{5}} < M_1 M_2 M_3 M_4 \leq Y^{\frac{2}{5}}$; $N_1 N_2 > Y^{\frac{2}{5}}$. Применяя к сумме $t_4(q; M, N)$ лемму 2, получаем:

$$t_4(q; M, N) = \left(\left(\frac{Yq}{N_1 N_2} \right)^{\frac{1}{2}} + qL \right) L^{22} \leq \left(Y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} + qL \right) L^{22} \leq \left(y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} + qL \right) L^{22}.$$

Случай 4. $Y^{\frac{2}{5}} < M_1 M_2 M_3 M_4 \leq Y^{\frac{3}{5}}$. Применяя лемму 1 при $X = 16M_1 M_2 M_3 M_4$, имеем:

$$t_4(q; N) = \left(Y^{\frac{1}{2}} + Y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{15} \leq \left(y^{\frac{1}{2}} + y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{15}.$$

Случай 5. $Y^{\frac{3}{5}} < M_1 M_2 M_3 M_4 \leq Y^{\frac{4}{5}}$; $M_1 M_2 M_3 \leq Y^{\frac{3}{5}}$. Из соотношений (5) и условия рассматриваемого случая найдем:

$$M_1 M_2 M_3 \geq M_1 M_2 M_3 \frac{M_4}{\sqrt[4]{M_1 N_2 M_3 M_4}} = (M_1 M_2 M_3 M_4)^{\frac{3}{4}} \geq \left(Y^{\frac{3}{5}} \right)^{\frac{3}{4}} = Y^{\frac{9}{20}} > Y^{\frac{2}{5}},$$

Поэтому, полагая в лемме 1 $X = 8M_1 M_2 M_3$, и имея в виду, что $Y^{\frac{2}{5}} = X = Y^{\frac{3}{5}}$, находим:

$$t_4(q; M, N) = \left(Y^{\frac{1}{2}} + Y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{16} \leq \left(y^{\frac{1}{2}} + y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{16}.$$

Случай 6. $Y^{\frac{3}{5}} < M_1 M_2 M_3 M_4 \leq Y^{\frac{4}{5}}$; $M_1 M_2 M_3 > Y^{\frac{3}{5}}$. Из соотношений (5) и условия рассматриваемого случая найдем:

$$y^{\frac{1}{2}} \geq M_1 M_2 \geq M_1 M_2 \frac{M_3}{\sqrt[3]{M_1 M_2 M_3}} = (M_1 M_2 M_3)^{\frac{2}{3}} > \left(Y^{\frac{3}{5}} \right)^{\frac{2}{3}} = Y^{\frac{2}{5}}.$$

Поэтому, полагая в лемме 1 $X = 4M_1 M_2$ и имея в виду, что $Y^{\frac{2}{5}} = X = Y^{\frac{1}{2}}$, находим:

$$t_4(q; M, N) = \left(Y^{\frac{1}{2}} + Y^{\frac{1}{4}} q^{\frac{1}{2}} L + Y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{19} = \left(y^{\frac{1}{2}} + y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{19}.$$

Случай 7. $M_1 M_2 M_3 M_4 > Y^{\frac{4}{5}}$. Из соотношений (5) и условия рассматриваемого случая найдем:

$$y^{\frac{1}{2}} \geq M_1 M_2 \geq M_1 M_2 \frac{M_3 M_4}{\sqrt{M_1 M_2 M_3 M_4}} = (M_1 M_2 M_3 M_4)^{\frac{1}{2}} > Y^{\frac{2}{5}}.$$

Поэтому, полагая в лемме 1 $X = 4M_1 M_2$ и имея в виду, что $Y^{\frac{2}{5}} = X = Y^{\frac{1}{2}}$, находим:

$$t_4(q; M, N) = \left(Y^{\frac{1}{2}} + Y^{\frac{1}{4}} q^{\frac{1}{2}} L + Y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{19} = \left(y^{\frac{1}{2}} + y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L + qL^2 \right) L^{19}.$$

Таким образом, для всех $k = 1, 2, 3, 4$ доказано, что

$$\max_{y \leq x} t_k(q; M, N) = \max_{y \leq x} \left(y^{\frac{1}{2}} L^{19} + y^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L^{22} + qL^{23} \right) = x^{\frac{1}{2}} L^{19} + x^{\frac{3}{10}} q^{\frac{1}{2}} L^{22} + qL^{23}.$$

Подставляя эту оценку в (4), получим утверждение теоремы:

$$t(x, q) = x^{\frac{1}{2}} L^9 \sum_{k=1}^4 \max_{y \leq x} t_k(q; M, N) + x + \varphi(q) L^2 = xL^{28} + x^{\frac{4}{5}} q^{\frac{1}{2}} L^{31} + x^{\frac{1}{2}} qL^{32}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Монтгомери Г. Мультипликативная теория чисел / Г. Монтгомери. – М., 1974.
2. Vaughan R.O. Mean value theorems in prime number theory. J.LondonMath. Soc., 1975, v. s2-10, is. 2. – P. 153-162.
3. Рахмонов З.Х. Распределение чисел Харди-Литтлвуда в арифметических прогрессиях / З.Х. Рахмонов. Известия АН СССР, сер. матем. 1989, т. 52, 1. – С. 211-224.
4. Рахмонов З.Х. Распределение чисел Харди-Литтлвуда в арифметических прогрессиях // Тезисы республиканской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, 13-14 апреля 1989 г., секция математика, Душанбе 1989 г. – С. 78-79.
5. Rakhmonov Z. Kh. The distribution of Hardy-Littlewood numbers in arithmetic progressions // Math. USSR-Izv. 34(1990), no. 1. – С. 213-228.
6. Карацуба А.А. Распределение произведений сдвинутых простых чисел в арифметических прогрессиях / А.А. Карацуба. ДАН СССР. 1970, т. 192, 4. – С. 724-727.
7. Рахмонов З.Х. Теорема о среднем значении $\psi(x, \chi)$ и ее приложения / З.Х. Рахмонов. Известия РАН, сер. матем. 1993, т. 57(4). – С. 55-71.
8. Rakhmonov Z. Kh. A theorem on the mean value of $\psi(x, \chi)$ and its applications // Russian Acad. Sci. Izv. Math. 43 (1994), no. 1. – С. 49-64.
9. Рахмонов З.Х. Средние значения функции Чебышева / З.Х. Рахмонов. Доклады Российской академии наук, 1993, т. 331, №3. – С. 281-282.
10. Rakhmonov Z. Kh. Mean values of the Chebyshev function / Z. Kh. Rakhmonov. Doklady Mathematics, 48(1994), no. 1. – С.85-87.
11. Рахмонов З.Х. О распределении значений характеров Дирихле и их приложения / З.Х. Рахмонов. Труды Математического института им. В. А. Стеклова Российской академии наук, 1994, т. 207. – С. 286-296.
12. Rakhmonov Z. Kh. On the distribution of the values of Dirichlet characters and their applications / Z. Kh. Rakhmonov. Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics, 1995, no. 6 (207). – С.263-272.
13. Рахмонов З.Х. Теорема о среднем значении функций Чебышева / З.Х. Рахмонов. Известия Российской академии наук. Серия математика, 1994, т. 58, № 3. – С. 127-139.

14. Рахмонов З.Х. Теорема о среднем значении в теории простых чисел / З.Х.Рахмонов. Доклады Российской академии наук, 1996, т.349, № 5. - С. 606-607.
15. Rakhmonov Z. Kh. The mean-value theorem in prime number theory // Doklady Mathematics, 1996, 54, no. 1. – P.597-598

REFERENCES LITERATURE

1. Montgomery G. Multiplicative theory of numbers / G. Montgomery. - M., 1974.
2. Vaughan R.O. Mean value theorems in prime number theory. J.LondonMath. Soc., 1975, v. s2-10, is. 2. – P. 153-162.
3. Rakhmonov Z.Kh. Distribution of Hardy-Littlewood numbers in arithmetic progressions / Z.H. Rakhmonov. News of the USSR Academy of Sciences, ser. mat. 1989, vol. 52, 1. - P. 211-224.
4. Rakhmonov Z.Kh. Distribution of Hardy-Littlewood numbers in arithmetic progressions // Abstracts of the Republican Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists, April 13-14, 1989, Mathematics Section, Dushanbe 1989 - pp. 78-79.
5. Rakhmonov Z. Kh. The distribution of Hardy-Littlewood numbers in arithmetic progressions // Math. USSR-Izv. 34 (1990), no. 1. - P. 213-228.
6. Karatsuba A.A. Distribution of products of shifted prime numbers in arithmetic progressions / A.A. Karatsuba. DAN USSR. 1970, v. 192, 4. - S. 724-727.
7. Rakhmonov Z.Kh. Mean value theorem and its applications / Z.Kh. Rakhmonov. Izvestia RAN, ser. mat. 1993, vol. 57 (4). – P. 55-71.
8. Rakhmonov Z. Kh. A theorem on the mean value of $\psi(x, \chi)$ and its applications // Russian Acad. Sci. Izv.Math. 43 (1994), no. 1. - P. 49–64.
9. Rakhmonov Z.Kh. Average values of the Chebyshev function / Z.Kh. Rakhmonov. Reports of the Russian Academy of Sciences, 1993, vol. 331, no. 3. - P. 281-282.
10. Rakhmonov Z. Kh. Mean values of the Chebyshev function / Z. Kh. Rakhmonov. Doklady Mathematics, 48 (1994), no. 1. - P.85–87.
11. Rakhmonov Z.Kh. On the distribution of the values of Dirichlet characters and their applications / Z.Kh. Rakhmonov. Proceedings of the V.I. V. A. Steklov Russian Academy of Sciences, 1994, v. 207. – P. 286-296.
12. Rakhmonov Z. Kh. On the distribution of the values of Dirichlet characters and their applications / Z. Kh. Rakhmonov. Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics, 1995, no. 6 (207). – P. 263-272.
13. Rakhmonov Z.Kh. A theorem on the mean value of Chebyshev functions / Z.Kh. Rakhmonov. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Series of mathematicians, 1994, v. 58, No. 3. – P. 127-139.
14. Rakhmonov Z.Kh. Mean value theorem in the theory of prime numbers / Z.Kh. Rakhmonov. Reports of the Russian Academy of Sciences, 1996, v. 349, No. 5. - P. 606-607.
15. Rakhmonov Z. Kh. The mean-value theorem in prime number theory // Doklady Mathematics, 1996, 54, no. 1. - P.597-598

ОИДИ БАҶОИ СУММАИ ҚИМАТҲОИ ФУНКСИЯҲОИ ЧЕБИШЕВ АЗ РҶИ ҲАМАИ ХАРАКТЕРҲОИ БО МОДУЛИ ДОДАШУДА

Барои суммаи қиматҳои функсияҳои Чебишев аз рӯи ҳамаи характерҳои модули q хангоми $x \geq 2$ будан баҳои намуди зерин гирифта шудааст: $t(x; q) = \sum_{\chi \pmod q} \max_{y \leq x} |\psi(y, \chi)| = xL^{28} + x^{\frac{4}{5}}q^{\frac{1}{2}}L^{31} + x^{\frac{1}{2}}qL^{32}$.

Суммаи $t(x; q)$ -ро бори аввал математики амрикоӣ Г.Монтгомери баҳо дод. Бо истифодаи теоремаи

зичии худ \bar{y} нишон дод, ки $t(x; q) = (x + x^{\frac{5}{7}}q^{\frac{5}{7}} + x^{\frac{1}{2}}q)L^{17}$. Ин натиҷаро математики англис Р. Вон бехтар намудааст. \bar{y} бо ёрии тасвири махсуси ҳосилаи логарифмии L -функсияи Дирихле, исбот намуд, ки $t(x; q) = xL^3 + x^{\frac{3}{4}}q^{\frac{5}{8}}L^{\frac{23}{8}} + x^{\frac{1}{2}}qL^{\frac{7}{2}}$. Натиҷаи бехтарин ба З.Х.Рахмонов тааллуқ дорад. \bar{y} бо ёрии методи худ «Тадқиқи қимати миёнаи функсияҳои навъи функсияи Чебишев аз рӯи ҳамаи характерҳои Дирихле» нишондод, ки $t(x; q) = \left(x + x^{\frac{4}{5}}q^{\frac{1}{2}} + x^{\frac{1}{2}}q \right) L^{34}$. Баҳои дар мақола гирифташуда

дарачаҳои логарифмҳоро дар ин ҷамъшавандаҳо бехтар менамояд.

Калидвожаҳо: адади сода, функсияи Манголт, характерҳои Дирихле, функсияи Чебишев, функсияи Дирихле, суммаи характер бо ададҳои сода, ғалбер

ОБ ОЦЕНКЕ СУММ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИЙ ЧЕБЫШЕВА ПО ВСЕМ ХАРАКТЕРАМ ДИРИХЛЕ ПО ЗАДАННМОУ МОДУЛЮ

Для сумм значений функций Чебышева по всем характерам Дирихле по модулю q при $x \geq 2$

получена новая оценка вида $t(x; q) = \sum_{\chi \pmod q} \max_{y \leq x} |\psi(y, \chi)| = xL^{28} + x^{\frac{4}{5}}q^{\frac{1}{2}}L^{31} + x^{\frac{1}{2}}qL^{32}$. Сумму

$t(x; q)$ впервые оценил американский математик Г.Монтгомери. Он пользуясь своей плотностей

теоремой, показал, что $t(x; q) = (x + x^{\frac{5}{7}}q^{\frac{5}{7}} + x^{\frac{1}{2}}q)L^{17}$. Этот результат уточнил английский математик

Р.Вон. Он с помощью специального представления логарифмической производной L - функции

Дирихле, доказал, что $t(x; q) = xL^3 + x^{\frac{3}{4}}q^{\frac{5}{8}}L^{\frac{23}{8}} + x^{\frac{1}{2}}qL^{\frac{7}{2}}$. Наилучший результат принадлежит

З.Х.Рахмонову. Он с помощью своего метода исследования средних значений арифметических

функций типа функции Чебышева по всем характерам Дирихле показал, что $t(x; q) = \left(x + x^{\frac{4}{5}}q^{\frac{1}{2}} + x^{\frac{1}{2}}q \right) L^{34}$.

Полученная оценка является уточнением степени логарифмов в этих слагаемых.

Ключевые слова: простое число, функция Мангольта, характер Дирихле, функция Чебышева, функция Дирихле, сумма характеров по простым числам, решето.

ESTIMATION OF THE SUMS OF VALUES OF CHEBYSHEV FUNCTIONS OVER ALL DIRICHLET CHARACTERS WITH RESPECT TO A GIVEN MODULUS

For the sums of the values of the Chebyshev functions over all Dirichlet characters modulo q for

$x \geq 2$, a new estimate of the form $t(x; q) = \sum_{\chi \pmod q} \max_{y \leq x} |\psi(y, \chi)| = xL^{28} + x^{\frac{4}{5}}q^{\frac{1}{2}}L^{31} + x^{\frac{1}{2}}qL^{32}$. The sum $t(x; q)$

was first estimated by the American mathematician H. Montgomery. Using his density theorem, he showed

that $t(x; q) = (x + x^{\frac{5}{7}}q^{\frac{5}{7}} + x^{\frac{1}{2}}q)L^{17}$. This result was refined by the English mathematician R. Vaughn. Using

a special representation of the logarithmic derivative L -of the Dirichlet function, he proved that

$t(x; q) = xL^3 + x^{\frac{3}{4}}q^{\frac{5}{8}}L^{\frac{23}{8}} + x^{\frac{1}{2}}qL^{\frac{7}{2}}$. The best result belongs to Z.Kh. Rakhmonov. Using his method of

studying the mean values of arithmetic functions of the Chebyshev function type over all Dirichlet characters,

he showed that $t(x; q) = \left(x + x^{\frac{4}{5}}q^{\frac{1}{2}} + x^{\frac{1}{2}}q \right) L^{34}$. The resulting estimate is a refinement of the degree of

logarithms in these terms

Keywords: Prime number, Mangolt function, Dirichlet character, Chebyshev function, Dirichlet function, sum of characters over prime numbers, sieve.

Маълумот оиди муаллиф: *Нозиров Опоқхон Оқилхонович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, аспиранти кафедраи алгебра ва назарияи ададҳо. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** nozirov92@bk.ru. **Тел.:** 985-64-66-22

Сведения об авторе: *Нозиров Опоқхон Оқилхонович* – Таджикский национальный университет, аспирант кафедры алгебры и теории чисел. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул. Рудаки, 17. **E-mail:** nozirov92@bk.ru. **Тел.:** 985-64-66-22

Information about the author: *Nozirov Opokkhon Okilkhonovich* – Tajik National University. graduate student of the Department of Algebra and Number Theory. **Address:** 734063, Tajikistan, Dushanbe, st.Rudaki, 17. **E-mail:** nozirov92@bk.ru. **Phone.:** 985-64-66-22

ОБ ОЦЕНКЕ ДВУХМЕРНОГО ПО x СОПРЯЖЕННОГО ИНТЕГРАЛА КОШИ

Камолиддинов Дж.

Таджикский национальный университет

В этой работе, так же как [2,3,5] и [6] изучается асимптотическое поведение двухмерного по x сопряженного интеграла Коши когда плотность принадлежит классу H_ϕ .

Пусть функция $f(x, y) \in L(R), R = (-\infty < x < \infty, -\infty < y < \infty)$.

Определение 1. Если $\delta_1, \delta_2 > 0$, то

$$\begin{aligned}\omega_1(\delta_1, f) &= \max_y \sup_{|u| \leq \delta_1} |\psi(x, u, y)|, \\ \omega_2(\delta_2, f) &= \max_x \sup_{|v| \leq \delta_2} |\psi(x, y, v)|, \\ \omega_3(\delta_1, \delta_2, f) &= \sup_{|u| \leq \delta_1} \sup_{|v| \leq \delta_2} |\psi(x, u, y)|,\end{aligned}\tag{1.1}$$

называются соответственно частными и полными модулями непрерывности функции $f(x, y)$ по переменной x , по переменной y и по совокупности переменных x и y , где

$$\psi(x, u, y) = f(x + u, y) - f(x, y),$$

$$\psi(x, y, v) = f(x, y + v) - f(x, y),\tag{1.2}$$

$$\psi(x, u, y, v) = f(x + u, y + v) - f(x, y + v) - f(x + u, y) + f(x, y),$$

$$1. \omega_1(0, f) = \omega_2(0, f) = \omega_3(0, f) = 0,$$

2. $\omega_1(\delta_1, f), \omega_2(\delta_2, f), \omega_3(\delta_1, \delta_2, f)$ - не убывающие непрерывные по δ_1, δ_2 функции,

$$3 \omega_3(\delta_1, \delta_2, f) \leq \omega_1(\delta_1, f) + \omega_2(\delta_2, f),$$

$$\omega_3(\lambda\delta_1, \lambda\delta_2, f) \leq (\lambda + 1)\omega_3(\delta_1, \delta_2, f),\tag{1.3}$$

кроме того, функции

$$\frac{\omega_1(\delta_1, f)}{\delta_1}, \frac{\omega_2(\delta_2, f)}{\delta_2}, \frac{\omega_3(\delta_1, \delta_2, f)}{\delta_1}, \frac{\omega_3(\delta_1, \delta_2, f)}{\delta_2} - \text{почти убывающие.}$$

Определение 2. Будем говорить, что непрерывная функция $f(x, y)$ принадлежит классу H_ϕ , если она удовлетворяет следующим условиям:

а) $f(x, y) \in C[a, b], [c, d]$ и имеет модуль непрерывности $\omega_1(\delta_1, f)$, $\omega_2(\delta_2, f)$, $\omega_3(\delta_1, \delta_2, f)$, такой что

$$\omega_1(\delta_1, f) = O\{\varphi(\delta_1)\}, \quad \omega_2(\delta_2, f) = O\{\varphi(\delta_2)\},$$

$$\omega_3(\delta_1, \delta_2, f) = O\{\varphi(\delta_1), \varphi(\delta_2)\}, \quad (1.4)$$

где $\varphi(u)$ - функция типа модуль непрерывности, $\varphi(0) = 0$, $\frac{\varphi(u)}{u}$ -

не возрастает;

б) в интервалах $(-\infty, a)$, (b, ∞) и $(-\infty, c)$, (d, ∞) функция $f(x, y)$

имеет ограниченную вариацию.

Имеет место следующая теорема:

Теорема. Пусть функция $f(x, y) \in L(R)$ и $f(x, y) \in H_\varphi$. Тогда при $0 < \sigma_0 < \sigma < 1$, $0 < \eta_0 < \eta < 1$, $|\tau| < c_1$, $|Q| < c_2$, $c_1, c_2 - const > 0$

имеют место равномерно по σ, η, x, y следующие оценки:

$$1. \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = \bar{f}_x^{(1)}(x, y) + O\left\{\omega_1(\sigma, f) \ln \frac{1}{\sigma}\right\} +$$

$$+ O\left\{\omega_2(\eta, f) \ln \frac{1}{\eta}\right\} + O\left\{\omega_3(\sigma, \eta, f) \ln \frac{1}{\sigma} \ln \frac{1}{\eta}\right\},$$

$$2. \frac{\partial}{\partial x} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = O\left\{\frac{\omega_1(\sigma, f)}{\sigma}\right\}, \quad \sigma \rightarrow 0$$

$$3. \frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = O\left\{\frac{\omega_2(\eta, f)}{\eta}\right\}, \quad \eta \rightarrow 0$$

$$4. \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = O\left\{\frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta}\right\}, \quad \sigma, \eta \rightarrow 0, \text{ где}$$

$$\bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) =$$

$$= \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(u, v) \bar{K}(e^{-\sigma}, u - x) K(e^{-\eta}, v - y) du dv -$$

двухмерный по x сопряженный интеграл Коши с ядрами

$$\bar{K}(e^{-\sigma}, u-x) = \frac{u-x}{\sigma^2 + (u-x)^2}, \quad K(e^{-\eta}, v-y) = \frac{\eta}{\eta^2 + (v-y)^2}.$$

Доказательство. Так как

$$\bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(u, v) \bar{K}(e^{-\sigma}, u-x) K(e^{-\eta}, v-y) dudv,$$

то используя (1.2), получим

$$\begin{aligned} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) &= \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(u, v) \bar{K}(e^{-\sigma}, u-x) K(e^{-\eta}, v-y) dudv = \\ &= \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} [f(x+u, y+v) - f(x-u, y+v) + f(x+u, y-v) - \\ &\quad - f(x-u, y-v)] \bar{K}(e^{-\sigma}, u) K(e^{-\eta}, v) dudv = \\ \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) &= \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(u, v) \bar{K}(e^{-\sigma}, u-x) K(e^{-\eta}, v-y) dudv = \\ &= \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \{ [f(x+u, y+v) - f(x-u, y+v) + f(x+u, y-v) - f(x-u, y-v)] \cdot \\ &\quad \cdot \bar{K}(e^{-\sigma}, u) K(e^{-\eta}, v) dudv = \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \{ [f(x+u, y+v) - f(x, y+v) + f(x+u, y) - f(x, y)] - \\ &\quad - [f(x-u, y+v) - f(x, y+v) - f(x-u, y) + f(x, y)] + \\ &\quad + [f(x+u, y-v) - f(x, y-v) - f(x+u, y) + f(x, y)] - \\ &\quad - [f(x-u, y-v) - f(x, y-v) - f(x-u, y) + f(x, y)] + \\ &\quad + 2[f(x, y) - f(x-u, y)] \} \bar{K}(e^{-\sigma}, u) K(e^{-\eta}, v) du dv. \end{aligned}$$

Или же

$$\begin{aligned} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) &+ \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} \frac{f(x+u, y) - f(x-u, y)}{u} du = \\ &= \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} [\Psi(x, u; y, v) - \Psi(x, -u; y, v) + \Psi(x, u; y, -v) - \Psi(x, -u; y, -v)] \cdot \\ &\quad \cdot \bar{K}(e^{-\sigma}, u) K(e^{-\eta}, v) dudv + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{2}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty [f(x+u; y) - f(x-u; y)] \cdot \bar{K}(e^{-\sigma}, u) K(e^{-\eta}, v) dudv + \\
& + \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \frac{f(x+u, y) - f(x-u, y)}{u} du = \sum_{i=1}^6 N_i. \quad (1.5)
\end{aligned}$$

Используя (1.2)-(1.4), оценим каждое слагаемое правой части(1.5)

$$\begin{aligned}
N_1 &= \frac{1}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \psi(x, u, y, v) \bar{K}(e^{-\sigma}, u) K(e^{-\eta}, v) dudv = \\
&= O \left\{ \int_0^\infty \int_0^\infty \omega_3(u, v, f) |\bar{K}(e^{-\sigma}, u)| K(e^{-\eta}, v) dudv \right\} = O \left\{ \omega_3(\sigma, \eta, f) \ln \frac{1}{\eta} \right\}. \quad (1.6)
\end{aligned}$$

Точно также, имеем

$$N_2, N_3, N_4 = O \left\{ \omega_3(\sigma, \eta, f) \ln \frac{1}{\eta} \right\}. \quad (1.7)$$

Далее, учитывая (1.2), (1.3) имеем:

$$\begin{aligned}
N_5 + N_6 &= \frac{2}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty [f(x+u, y) - f(x-u, y)] \bar{K}(e^{-\sigma}, u) K(e^{-\eta}, v) dudv + \\
&+ \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \frac{f(x+u, y) - f(x-u, y)}{u} du = \\
&= \frac{2}{\pi^2} \int_0^\infty [f(x+u, y) - f(x-u, y)] \bar{K}(e^{-\sigma}, u) \left[\int_0^\infty K(e^{-\eta}, v) dv \right] du + \\
&+ \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \frac{f(x+u, y) - f(x-u, y)}{u} du = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty [f(x+u, y) - f(x-u, y)] \cdot \\
&\cdot \left[\frac{u}{\sigma^2 + u^2} + \frac{1}{u} \right] du = O \left\{ \int_0^\infty [f(x+u, y) - f(x-u, y)] \frac{\sigma^2}{(\sigma^2 + u^2)u} du \right\} = \\
&= O \left\{ \omega_3(\sigma, \eta, f) \ln \frac{1}{\sigma} \right\}. \quad (1.8)
\end{aligned}$$

Далее из (1.5) – (1.8) следует первое утверждение теоремы.

$$\begin{aligned}
\bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) &= \bar{f}_x^{(1)}(x, y) + O \left\{ \varphi(\sigma) \ln \frac{1}{\sigma} \right\} + O \left\{ \varphi(\eta) \ln \frac{1}{\eta} \right\} + \\
&+ O \left\{ \varphi(\sigma) \varphi(\eta) \ln \frac{1}{\sigma} \ln \frac{1}{\eta} \right\}, \sigma, \eta \rightarrow 0;
\end{aligned}$$

Так как

$$\begin{aligned} & \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x + \tau, y + \theta) = \\ & \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(u, v) \bar{K}(e^{-\sigma}, u - x - \tau) K(e^{-\eta}, v - y - \theta) dudv, \end{aligned}$$

то согласно (1.3)

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x + \tau, y + \theta) = \frac{\partial}{\partial \tau} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x + \tau, y + \theta) = \\ & = \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(u, v) \frac{\partial}{\partial \tau} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u - (x + \tau))] K(e^{-\eta}, v - (y + \theta)) dudv = \\ & - \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f(u, v) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u - x - \tau)] K(e^{-\eta}, v - y - \theta) dudv = \\ & = - \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [f(x + u + \tau, y + v + \theta) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v)] dudv = \\ & = - \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} [f(x + \tau + u, y + \theta + v) + f(x + \tau - u, y + \theta + v)] + [f(x + \tau + u, y + \theta - v) + \\ & + f(x + \tau - u, y + \theta - v)] \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv. \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \{ [\Psi(x + \tau, y + \theta, u, v) + \Psi(x + \tau, y + \theta, -u, v) + \Psi(x + \tau, y + \theta, u, -v) + \\ & + \Psi(x + \tau, y + \theta, -u, -v)] + [2\Psi(x + \tau, y + \theta, v) + 2\Psi(x + \tau, y + \theta, u) + \text{Используя (1.1) -} \\ & + 2\Psi(x + \tau, y + \theta, -u) + 2\Psi(x + \tau, y + \theta, -v)] + 4f(x + \tau, y + \theta) \} \cdot \\ & \cdot \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv = \sum_{i=1}^9 L_i \end{aligned} \quad (1.9)$$

(1.3) и оценки (1.8), будем оценить каждое слагаемое правой части (1.9):

$$\begin{aligned} L_1 & = \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \psi(x + \tau, u; y + \theta, v) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv = \\ & = O \left\{ \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \omega_3(u, v, f) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv \right\} = \\ & = O \left\{ \int_0^{\infty} \omega_3(u, v, f) \left| \frac{1}{\sigma^2 + u^2} + \frac{u^2}{(\sigma^2 + u^2)^2} \right| du \int_0^{\infty} K(e^{-\eta}, v) dv \right\} = \\ & = O \left\{ \frac{1}{\sigma} \frac{1}{\eta} \omega_3(\sigma, \eta) \right\}, \end{aligned} \quad (1.10)$$

Далее, этим же методом получим:

$$\begin{aligned} L_2 & = \frac{1}{\pi^2} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \psi(x + \tau, -u; y + \theta, v) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv = \\ & = O \left\{ \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \omega_3(-u, v, f) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv \right\} = \end{aligned}$$

$$= O\left\{\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{1}{\eta} \omega_3(\sigma, \eta)\right\} \quad (1.11).$$

$$\begin{aligned} L_3 &= \frac{1}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \psi(x+\tau, u; y+\theta, -v) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv = \\ &= O\left\{\int_0^\infty \int_0^\infty \omega_3(u, -v, f) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, -v) dudv\right\} = \\ &= O\left\{\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{1}{\eta} \omega_3(\sigma, \eta)\right\} \quad (1.12). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_4 &= \frac{1}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \psi(x+\tau, -u; y+\theta, -v) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv = \\ &= O\left\{\int_0^\infty \int_0^\infty \omega_3(-u, -v, f) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, -u)] K(e^{-\eta}, -v) dudv\right\} = \\ &= O\left\{\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{1}{\eta} \omega_3(\sigma, \eta)\right\} \quad (1.13). \end{aligned}$$

Далее, так как

$$\int_0^\infty \frac{\partial}{\partial u} [K(e^{-\sigma}, u)] du = 0 \quad (1.14)$$

то

$$\begin{aligned} L_5 &= \frac{1}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \psi(x+\tau, y+\theta, v) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv = \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \Psi(x+\tau, y+\theta, v) K(e^{-\eta}, v) \left[\frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] du \right] = 0 \quad (1.15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_8 &= \frac{1}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \psi(x+\tau, y+\theta, -v) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv = \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \Psi(x+\tau, y+\theta, -v) K(e^{-\eta}, v) \left[\frac{1}{\pi} \int_0^\infty \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] du \right] = 0. \quad (1.16) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_9 &= \frac{4}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \psi(x+\tau, y+\theta) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv = \\ &= \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \Psi(x+\tau, y+\theta) K(e^{-\eta}, v) \left[\frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] du \right] = 0. \quad (1.17) \end{aligned}$$

А так же , согласно (1.1)-(1.3) и оценку (2.12), имеем;

$$L_6 = \frac{2}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \psi(x+\tau, y+\theta, u) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv =$$

$$= O\left\{ \frac{\omega_1(\varphi(\sigma))}{\sigma} \right\}, \sigma \rightarrow 0, \quad (1.18)$$

$$L_7 = \frac{2}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \psi(x+\tau, y+\theta, u) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] K(e^{-\eta}, v) dudv =$$

$$= O\left\{ \frac{\omega_1(\varphi(\sigma))}{\sigma} \right\}, \sigma \rightarrow 0, \quad (1.19)$$

Таким образом, из (1.9) – (1.19) получим, второе утверждение теоремы

$$\frac{\partial}{\partial x} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x+\tau, y+\theta) = \frac{\partial}{\partial x} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) =$$

$$= O\left\{ \frac{\omega_1(\sigma, f)}{\sigma} \right\}, \sigma \rightarrow 0.$$

Далее, используя (1.1)-(1.3) оценим

$$\frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x+\tau, y+\theta).$$

Так как

$$\frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x+\tau, y+\theta) = \frac{\partial}{\partial \theta} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x+\tau, y+\theta),$$

то

$$\frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x+\tau, y+\theta) = \frac{\partial}{\partial \theta} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x+\tau, y+\theta) =$$

$$= \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty f(u, v) [\bar{K}(e^{-\sigma}, u - (x+\tau))] \frac{\partial}{\partial \theta} K(e^{-\eta}, v - (y+\theta)) dudv =$$

$$= -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty f(u, v) [\bar{K}(e^{-\sigma}, u - x - \tau)] \frac{\partial}{\partial \theta} (K(e^{-\eta}, v - y - \theta)) dudv =$$

$$= -\frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty [f(x+\tau+u, y+\theta+v) [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)]] \frac{\partial}{\partial v} (K(e^{-\eta}, v)) dudv.$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x+\tau, y+\theta) =$$

$$\begin{aligned}
&= -\frac{1}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty [f(x+\tau+u, y+\theta+v) - f(x+\tau-u, y+\theta+v)] - \\
&- [f(x+\tau+u, y+\theta-v) + f(x+\tau-u, y+\theta-v)] [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] \frac{\partial}{\partial v} (K(e^{-\eta}, v)) dudv = \\
&= O \left\{ \int_0^\infty \int_0^\infty \omega_3(u, v, f) \left| [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] \frac{2\eta v}{(\eta^2 + v^2)^2} \right| dudv \right\} = \\
&\frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x+\tau, y+\theta) = \frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = \\
&= O \left\{ \frac{\omega_2(\eta, f)}{\eta} \right\}, \eta \rightarrow 0. \quad (1.20)
\end{aligned}$$

Далее, используя (1.3), оценим

$$\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, u+\tau, y+\theta).$$

Так как

$$\frac{\partial}{\partial x} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, u+\tau, y+\theta) = \frac{\partial}{\partial \tau} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, u+\tau, y+\theta),$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, u+\tau, y+\theta) = \frac{\partial}{\partial \theta} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, u+\tau, y+\theta),$$

$$\text{то } \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, u+\tau, y+\theta) =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty f(u, v) \frac{\partial}{\partial \tau} \bar{K}(e^{-\sigma}, u-(x+\tau)) \frac{\partial}{\partial \theta} K(e^{-\eta}, v-(y+\theta)) dudv = \\
&= \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty f(x+\tau+u, y+\theta+v) \frac{\partial}{\partial \tau} \bar{K}(e^{-\sigma}, u) \frac{\partial}{\partial \theta} K(e^{-\eta}, v) dudv = \\
&= \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty f(x+\tau+u, y+\theta+v) \frac{\partial}{\partial \tau} \bar{K}(e^{-\sigma}, u) \frac{\partial}{\partial \theta} K(e^{-\eta}, v) dudv = \\
&= \frac{1}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \{ [f(x+u, y+v) + f(x-u, y+v) - f(x+u, y-v) - f(x-u, y-v)] \\
&\times \frac{\partial}{\partial u} (\bar{K}(e^{-\sigma}, u)) \frac{\partial}{\partial v} K(e^{-\eta}, v) \} dudv =
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty [\Psi(x+\tau, u; y+\theta, v) - \Psi(x+\tau, -u; y+\theta, v) - \Psi(x+\tau, u; y+\theta, -v) - \\
&\quad - \Psi(x+\tau, -u; y+\theta, -v)] \cdot \frac{\partial}{\partial u} (\bar{K}(e^{-\sigma}, u)) \frac{\partial}{\partial v} (K(e^{-\eta}, v)) dudv + \\
&\quad + \frac{2}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty [f(x+\tau, y+\theta+v) - f(x+\tau, y+\theta-v)] \cdot \\
&\quad \cdot \frac{\partial}{\partial u} (\bar{K}(e^{-\sigma}, u)) \frac{\partial}{\partial v} (K(e^{-\eta}, v)) dudv = \sum_{i=1}^5 T_i. \quad (1.21)
\end{aligned}$$

Используя (1.2)-(1.3), (1.12), (1.21), получим оценки

$$\begin{aligned}
T_1 &= \frac{1}{\pi^2} \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty \Psi(x+\tau, u, y+\theta, v) \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] \frac{\partial}{\partial v} K(e^{-\eta}, v) dudv = \\
&= O \left\{ \int_0^\infty \int_0^\infty \omega_3(u, v, f) \left| \frac{\partial}{\partial u} [\bar{K}(e^{-\sigma}, u)] \right| \left| \frac{\partial}{\partial v} K(e^{-\eta}, v) \right| dudv \right\} = \\
&= O \left\{ \frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta} \right\}, \quad \sigma, \eta \rightarrow 0, \quad (1.22)
\end{aligned}$$

Так же

$$T_2 = O \left\{ \frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta} \right\}, \quad T_3 = O \left\{ \frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta} \right\},$$

$$T_4 = O \left\{ \frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta} \right\}, \quad \sigma, \eta \rightarrow 0, \quad (1.23).$$

Таким образом, из оценок (1.21), (1.22) и (1.23) следует, четвёртое утверждение теоремы:

$$\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, u+\tau, y+\theta) = O \left\{ \frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta} \right\}, \quad \sigma, \eta \rightarrow 0,$$

$$\frac{\partial^2}{\partial \tau \partial \theta} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, u+\tau, y+\theta) = O \left\{ \frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta} \right\}, \quad \sigma, \eta \rightarrow 0,$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Субханкулов М.А. Тауберовы теоремы с остатком / М.А. Субханкулов М.: 1976. -397с
2. Субханкулов М.А. Граничные значения интеграла Пуассона и сходимость рядов Фурье непрерывной функции / М.А. Субханкулов, Л.И. Крайнова // Ученые записки. Труды механико-математического факультета. Выпуск-1. -Душанбе 1970. -С.159-169.

3. Крайнова Л.И. О быстроте (R, α) суммируемости интеграла Фурье и сопряженного интеграла одного класса функции / Л.И. Крайнова, Дж. Камолитдинов // Доклады академии наук Таджикской ССР. Том 9, №12. -Душанбе 1976. -С.7-10.
4. Камолитдинов Дж. О быстроте сходимости некоторых продифференцированных и сопряженных интегралов Фурье / Дж. Камолитдинов // Доклады академии наук Таджикской ССР. Том 26, №9. - Душанбе 1983. -С.548-552.
5. Камолитдинов Дж. Материалы научной конф. посвященной 20-й Независимости Республика Таджикистан. Душанбе. 2011
6. Камолитдинов Дж. Асимптотические оценки сингулярных интегралов Коши функций, принадлежащих классу H^{α} / Дж. Камолитдинов // Вестник университета. -Душанбе 2001. №1. –С.36-40.
7. Камолитдинов Дж. О сходимости интеграла Фурье функции с данным модулем гладкости / Дж. Камолитдинов // Вестник национального университета, №2. -Душанбе 2005. –С.46-50.
8. Камолитдинов Дж. Об оценке кратного по x сопряженного интеграла Коши / Дж. Камолитдинов // Вестник ТНУ., 2017., -С.12-18.
9. Камолитдинов Дж. Асимптотические оценки кратных сингулярных интегралов Коши функции, принадлежащих классу H_{φ} / Дж. Камолитдинов // Материалы научно-теорет. конф. «Актуальные проблемы современной математики и ее преподавания». – Душанбе, 2014. -С.54-59.
10. Камолитдинов Дж. Об оценке кратного интеграла Коши / Дж. Камолитдинов // Вестник ТНУ, 2015, №1/4(168). -С.23-28.
11. Камолитдинов Дж. Об оценке кратного интеграла Коши / Дж. Камолитдинов // Вестник ТНУ, №3, 2018. –С.86-96.

REFERENCES LITERATURE

1. Subhanqulov M.A. Taubural theorems with remainder/M.A. Subhanqulov. –M.: 1976. – 397p.
2. Subhanqulov M.A. The Poisson's integral value limits and convergence of Fourier series of continuous functions / M.A. Subhanqulov, L.I. Kraynova // Scientists notes. The works of mechanical and mathematical faculty. 1 subscribe. –Dushanbe, 1970. – P. 159-169.
3. Kraynova L.I. About the rapidity of the (R, α) summation of Fourier integral and conjugated integral of one class of function / L.I. Kraynova, J. Kamoliddinov // The reports of Tajic SSR academy of sciences. Volume 9, №12. -Dushanbe 1976. – P. 7-10.
4. Kamoliddinov J. About the rapidity convergence some differentiated and conjugated Fourier integrals / J. Kamoliddinov // The reports of Tajic SSR academy of sciences. Volume 26, №9. –Dushanbe, 1983. – P. 548-552.
5. Kamoliddinov J. Matherials of scientific conference dedicated to 20th independency of Republic of Tajikistan / J. Kamoliddinov. – Dushanbe, 2011.
6. Kamoliddinov J. Assyptotic estimations of singular Koshi's integrals belonging to class H^{α} / J. Kamoliddinov // Bulletin of the University. – Dushanbe, 2001. №1. – P. 36-40.
7. Kamoliddinov J. About the convergence of Fourier integral of function with determined module of smoothness / J. Kamoliddinov // Bulletin of the National University, -2005. - №2. – P. 46-50.
8. Kamoliddinov J. About estimation of multiple Koshi's integral conjugated by x / J. Kamoliddinov // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. -2017. – P. 12-18.
9. Kamoliddinov J. Asymptotical estimations of multiple singular Koshi's integrals of functions, that's belongs to H_{φ} class / J. Kamoliddinov // Matherials of scientific an theoretical conference “Actual problems of modern mathematics and teaching of mathematics”. –Dushanbe, 2014. – P. 54-59.
10. Kamoliddinov J. About estimation of multiple Koshi's integral / J. Kamoliddinov // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences, -2005. №1/4 (168). – P. 23-28.
11. Kamoliddinov J. About estimation of multiple Koshi's integral / J. Kamoliddinov // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences, -2018. №3. – P. 86-96.

ОИДИ БАҲОДИҶИИ ИНТЕГРАЛИ ДУЧЕНАКАИ НИСБАТ БА Х ҲАМРОҶШУДАИ ИНТЕГРАЛИ КОШИ

Маълум аст, ки барои тадқиқи наздикшавии қаторҳои Фурье аз усулҳои маълуми тадқиқоти истифода мебаранд, ки яке аз онҳо усули нави аз усули Фату фарқкунандаи Пуассон буд. Дигараш усули А. Таубер барои қаторҳои дараҳағӣ, усули Фату ва усули Харди ва Литтлвуд низ буданд. Лекин, на усули Харди ва Литтлвуд ва на дигар усулҳои тауберҳои классикӣ барои тадқиқоти наздикшавии қаторҳои Фурьеи синфҳои васеътар, бо сабаби гузоштани маҳдудияти вазнин ба узви умумии қатор дар теоремаҳои Тауберавӣ кифоя нестанд. Соли 1968 М.А.Субҳонкулов соҳиби натиҷаҳои гашт, ки дар онҳо аз функсияи $f(z)$ на аналитикӣ ва на бефосила буданаш дар нуқтаи $z=1$ талаб карда намешуд. Маълум шуд, ки баҳои теоремаи Фату теоремаҳои ҳосил кардан мумкин аст, ки ба қаторҳо ва қаторҳои қаратии Фурье истифода мешаванд. Дар тадқиқи наздикшавӣ ва суммиронидани интегралҳои қаратии Фурье, қиматҳои асимптотикии интегралҳои Коши ва интегралҳои ҳамроҳшудаи Коши истифода мешаванд. Бинобар ин, дар мақолаи мазкур, ба монанди қорҳои [2,3,5] ва [6] рафтори

ассимптотикии интегралы дученакаи нисбат ба x ҳамроҳшудаи Коши ба синфи $f(x; y) \in H_\varphi$ тааллуқ дошта, ҳосилаи хусусии тартиби якуми он нисбат ба X , ҳосилаи хусусии тартиби якуми он нисбат ба Y ва ҳосилаҳои хусусии нисбат ба ҳар ду тағйирёбанда X ва Y гирифташудаи он, вақте ки зичӣ ба синфи H_φ тааллуқ дорад, мавриди таҳқиқ қарор гирифтааст. Дар натиҷаи таҳқиқот баҳоҳои ассимптотикии интегралы дучандаи Коши ва ҳосилаҳои хусусии тартиби якуми он дар намудҳои узвҳои асосӣ ва узвҳои бақияи он гузаронида шудааст:

$$\begin{aligned}
 1. \quad \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) &= \bar{f}_x^{(1)}(x, y) + O\left\{\omega_1(\sigma, f) \ln \frac{1}{\sigma}\right\} + \\
 &+ O\left\{\omega_2(\eta, f) \ln \frac{1}{\eta}\right\} + O\left\{\omega_3(\sigma, \eta, f) \ln \frac{1}{\sigma} \ln \frac{1}{\eta}\right\}, \\
 2. \quad \frac{\partial}{\partial x} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) &= O\left\{\frac{\omega_1(\sigma, f)}{\sigma}\right\}, \sigma \rightarrow 0 \\
 3. \quad \frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) &= O\left\{\frac{\omega_2(\eta, f)}{\eta}\right\}, \eta \rightarrow 0 \\
 4. \quad \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) &= O\left\{\frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta}\right\}, \sigma, \eta \rightarrow 0,
 \end{aligned}$$

Калидвожаҳо: интегралы дучандаи Фурье, интегралы дучандаи Коши, рафтори ассимптотикии, ҳамроҳшавӣ, зичӣ, қаторҳои дученакаи Фурье, қаторҳои қаратии Фурье.

ОБ ОЦЕНКЕ ДВУХМЕРНОГО ПО X СОПРЯЖЕННОГО ИНТЕГРАЛА КОШИ

Известно, что для исследования сходимости рядов Фурье были предложены ряд известных методов исследований. Одними из них были метод Пуассона, новый, отличный от метода Фурье по подходу исследования рядов, метод А. Таубера для степенных рядов, метод П. Фату и метод Харди и Литтльвуда. Однако, ни метод Харди-Литтльвуда, ни другие классические тауберовы методы недостаточны для исследования сходимости рядов Фурье более широких классов функций в виду наличия жестких ограничений, накладываемых на общий член ряда в тауберовых теоремах. В 1968 году М.А.Субханкулов получил результат, где от функций $f(z)$ не требуется ни аналитичность ни непрерывность функций $f(z)$ в точке $z=1$ вдоль радиуса. Оказывается, что вместо теоремы Фату можно получить теоремы, которые могли бы быть успешно распространены к рядам и к кратным рядам Фурье. При исследовании сходимости и суммируемости кратных интегралов Фурье применяется ассимптотическое значение интеграла Коши и сопряженного интеграла Коши. В данной работе, так же как в [3,4,5] и [6] изучается ассимптотическое поведение двухмерного по x сопряженного интеграла Коши принадлежащий классу $f(x; y) \in H_\varphi$ и его частное производное первого порядка относительно x , относительно y и относительно переменных x и y когда плотность принадлежит классу H_φ . В результате исследования получены следующие ассимптотические оценки кратного интеграла Коши и его частных производных первого порядка в виде основных членов и остаточных членов:

$$\begin{aligned}
 1. \quad \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) &= \bar{f}_x^{(1)}(x, y) + O\left\{\omega_1(\sigma, f) \ln \frac{1}{\sigma}\right\} + \\
 &+ O\left\{\omega_2(\eta, f) \ln \frac{1}{\eta}\right\} + O\left\{\omega_3(\sigma, \eta, f) \ln \frac{1}{\sigma} \ln \frac{1}{\eta}\right\},
 \end{aligned}$$

$$2. \frac{\partial}{\partial x} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = O\left\{\frac{\omega_1(\sigma, f)}{\sigma}\right\}, \sigma \rightarrow 0$$

$$3. \frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = O\left\{\frac{\omega_2(\eta, f)}{\eta}\right\}, \eta \rightarrow 0$$

$$4. \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = O\left\{\frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta}\right\}, \sigma, \eta \rightarrow 0$$

Ключевые слова: двухмерный интеграл Фурье, двухмерный интеграл Коши, асимптотические поведения, сопряжение, плотность, двухмерные ряды Фурье, кратные ряды Фурье.

ABOUT AN ESTIMATION OF TWO-DIMENSIONAL KOSHÉ'S INTEGRAL CONJUGATED BY X

It is known that a number of well-known research methods have been proposed to study the convergence of Fourier series. Some of them were Poisson's method, new, different from Fourier's in terms of the approach to studying series, A. Tauber's method for power series, P. Fatou's method and the method of Hardy and Littlewood. However, neither the Hardy-Littlewood method nor other classical Tauberian methods are sufficient for investigating the convergence of Fourier series of wider classes of functions in view of the presence of strict restrictions imposed on the general term of the series in Tauberian theorems. In 1968 M.A. Subkhankulov obtained a result where the functions $f(z)$ do not require either analyticity or continuity of the functions $f(z)$ at the point $z = 1$ along the radius. It turns out that instead of Fatou's theorem, one can obtain theorems that could be successfully extended to series and to multiple Fourier series. In studying the convergence and summability of multiple Fourier integrals, the asymptotic values of the Cauchy integral and the conjugate Cauchy integral are used. In this paper, as in [3,4,5] and [6], we study the asymptotic behavior of the two-dimensional in x conjugate Cauchy integral belonging to the class $f(x; y) \in H_\varphi$ and its first-order partial derivative with respect to x , with respect to y and with respect to the variables x and y when the density belongs to class H_φ . As a result of the study, the following asymptotic estimates were obtained for the multiple Cauchy integral and its first-order partial derivatives in the form of the main terms and remainder terms:

$$1. \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = \bar{f}_x^{(1)}(x, y) + O\left\{\omega_1(\sigma, f) \ln \frac{1}{\sigma}\right\} + O\left\{\omega_2(\eta, f) \ln \frac{1}{\eta}\right\} + O\left\{\omega_3(\sigma, \eta, f) \ln \frac{1}{\sigma} \ln \frac{1}{\eta}\right\},$$

$$2. \frac{\partial}{\partial x} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = O\left\{\frac{\omega_1(\sigma, f)}{\sigma}\right\}, \sigma \rightarrow 0$$

$$3. \frac{\partial}{\partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = O\left\{\frac{\omega_2(\eta, f)}{\eta}\right\}, \eta \rightarrow 0^4.$$

$$\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \bar{f}^{(1)}(e^{-\sigma}, e^{-\eta}, x, y) = O\left\{\frac{\omega_3(\sigma, \eta, f)}{\sigma \eta}\right\}, \sigma, \eta \rightarrow 0,$$

Keywords: two-dimensional Fourier integral, two-dimensional Cauchy integral, asymptotic behavior, conjugation, density, two-dimensional Fourier series, multiple Fourier series.

Маълумотнома дар бораи муаллиф: *Камолитдинов Ҷамолитдин* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, дотсенти кафедраи математикаи олии. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел.: **904 11 12 49**

Сведения об авторе: *Камолитдинов Джамолитдин* – Таджикский национальный университет, доцент кафедры высшей математики. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 17. Тел.: 904111249

Information about the author: *Kamoliddinov Jamoliddin* – Tajik National University. Associate professor of the Department of Higher Mathematics Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. Phone: **904 11 12 49**

О РЕШЕНИЯХ ОДНОЙ МНОГОМЕРНОЙ ПЕРЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ БЕЗ УСЛОВИЯ ПОЛНОЙ ИНТЕГРИРУЕМОСТИ

Байзаев С., Джумаев Б.М.

Таджикский госуниверситет права, бизнеса и политики,
Худжандский госуниверситет им. академика Б. Гафурова

Переопределенные системы уравнений с частными производными, в том числе многомерные системы, встречаются в задачах дифференциальной геометрии, теории упругости, магнитогидродинамики, теоретической физики, статистической гидродинамики и такие системы исследованы многими авторами (см., напр., [1] – [10]). Большое количество нелинейных уравнений математической физики приводятся к вышеуказанным переопределенным системам (см., напр., [11]). В работах [12] и [13] изучены переопределенные системы уравнений с частными производными, возникающие в трехмерной теории поля, а в [14] переопределенная система трёх уравнений с частными производными первого порядка. В [15] рассмотрена многомерная переопределенная система вида $w_{\bar{z}} = A\bar{w}, w_z = B\bar{w}$, (1) где $w \in C^n$, A, B – комплексные матрицы порядка n и установлено, что равенство $A\bar{A} = B\bar{B}$ (2) является необходимым и достаточным условием полной интегрируемости системы (1) и там же приведена формула общего решения этой системы.

В настоящей статье мы будем исследовать случай, когда условие (2) не выполняется. Пусть $C = A\bar{A} - B\bar{B}$ и $C \neq 0$. Если C обратимая матрица, то система (1) имеет только нулевое решение. Действительно, пусть $w(z)$ удовлетворяет системе (1). В силу эллиптичности системы $w(z) \in C^\infty$ и

$$w_{z\bar{z}} = A\bar{w}_z = A\overline{(A\bar{w})} = A\bar{A}w, w_{z\bar{z}} = B\bar{w}_z = B\overline{(B\bar{w})} = B\bar{B}w.$$

Отсюда

$$(A\bar{A} - B\bar{B})w(z) = 0 \quad (3)$$

и $w(z) \equiv 0$. Поэтому в дальнейшем будем предполагать, что

$$\det C = \det(A\bar{A} - B\bar{B}) = 0. \quad (4)$$

Из (3) и (4) следует, что решения системы (1) должны иметь вид

$$w(z) = a_1(z)u_1 + \dots + a_m(z)u_m, \quad (5)$$

где a_j – скалярные функции, u_j – собственные векторы матрицы C , отвечающие нулевому собственному значению. Подставляя выражение (5) в систему (1), для определения a_j получаем переопределенную систему

$$\sum_{j=1}^m \frac{\partial a_j}{\partial \bar{z}} u_j = \sum_{j=1}^m \bar{a}_j A \bar{u}_j, \sum_{j=1}^m \frac{\partial a_j}{\partial z} u_j = \sum_{j=1}^m \bar{a}_j B \bar{u}_j. \quad (6)$$

Эта система состоит из $2n$ уравнений с неизвестными a_1, \dots, a_m ($m \leq n$).

Рассмотрим случай $m = 1$, т.е. нулевому собственному значению матрицы C соответствует один линейно независимый собственный вектор $u_1 = u$. Будем считать, что $\|u\|_{C^n} = 1$ и $a_1 = a \neq 0$. Тогда $w(z) = a(z)u$ и

$$a_{\bar{z}}u = \bar{a}A\bar{u}, a_zu = \bar{a}B\bar{u}. \quad (7)$$

Умножая обе части этих уравнений скалярно на вектор u , получим

$$a_{\bar{z}} = \lambda \bar{a}, a_z = \mu \bar{a}, \quad (8)$$

где $\lambda = (A\bar{u}, u), \mu = (B\bar{u}, u)$. Из равенств (7) и (8) следует, что

$$A\bar{u} = \lambda u, B\bar{u} = \mu u. \quad (9)$$

Из (8) видно, что если $\lambda = 0$ (или $\mu = 0$), то $a \equiv const$ и $\mu = 0$ (или $\lambda = 0$). Поэтому в случае $A\bar{u} = B\bar{u} = 0$ решениями системы (1) будут постоянные векторы $w = cu, c \in C^1$ и только они.

В случае $A\bar{u} \neq 0, B\bar{u} \neq 0$ из (9) имеем: $A\bar{A}u = \bar{\lambda}A\bar{u}, B\bar{B}u = \bar{\mu}B\bar{u}$.

В силу $Cu = 0$ левые части последних равенств совпадают, следовательно $\bar{\lambda}A\bar{u} = \bar{\mu}B\bar{u}$ или $|\lambda|^2 u = |\mu|^2 u$, т.е.

$$|\lambda| = |\mu|. \quad (10)$$

Заметим, что если условие (10) не выполняется, то система (1) имеет только нулевое решение.

Система (8) эквивалентна следующей системе

$$a_x = (\lambda + \mu)\bar{a}, \quad a_y = -i(\lambda - \mu)\bar{a}. \quad (11)$$

Из первого уравнения этой системы имеем: $a_{xx} - |\lambda + \mu|^2 a = 0$. Рассматривая это уравнение при фиксированном y как обыкновенное дифференциальное уравнение, находим: $a = C_1(y)e^{|\lambda + \mu|x} + C_2(y)e^{-|\lambda + \mu|x}$, где C_1, C_2 – произвольные функции класса C_1 . Подставляя a в первое уравнение системы (11) и приравняв коэффициенты при экспонентах, получим

$$|\lambda + \mu|C_1(y) = (\lambda + \mu)\overline{C_1(y)}, \quad -|\lambda + \mu|C_2(y) = (\lambda + \mu)\overline{C_2(y)}.$$

Пусть в начале $\lambda + \mu \neq 0$. Тогда из предыдущих соотношений находим

$$C_1(y) = e^{i\gamma/2}d_1(y), \quad C_2(y) = ie^{i\gamma/2}d_2(y),$$

где $\gamma = \arg(\lambda + \mu)$, d_1, d_2 – произвольные вещественные функции класса C_1 . Поэтому

$$a = e^{i\gamma/2}[d_1(y)e^{|\lambda + \mu|x} + id_2(y)e^{-|\lambda + \mu|x}].$$

Теперь эту функцию подставим во второе уравнение системы (11) и приходим к соотношениям:

$$d_1'(y) = -i(\lambda - \mu)e^{-i\gamma}d_1(y), \quad d_2'(y) = i(\lambda - \mu)e^{-i\gamma}d_2(y).$$

Легко увидеть, что выражение $\varepsilon = -i(\lambda - \mu)e^{-i\gamma}$ является вещественным. Следовательно, $d_1'(y) = \varepsilon d_1(y)$, $d_2'(y) = -\varepsilon d_2(y)$ и $d_1(y) = c_1 e^{\varepsilon y}$, $d_2(y) = c_2 e^{-\varepsilon y}$, c_1, c_2 – произвольные вещественные постоянные.

Итак, в случае $\lambda + \mu \neq 0$ общее решение системы (11) или системы (8) имеет вид:

$$a = e^{i\gamma/2}[c_1 e^{|\lambda + \mu|x + \varepsilon y} + ic_2 e^{-|\lambda + \mu|x - \varepsilon y}] \quad (12)$$

и зависит от двух произвольных вещественных постоянных.

Пусть теперь $\lambda + \mu = 0$. Тогда из первого уравнения системы (11) следует, что функция a не зависит от x и аналогично случаю $\lambda + \mu \neq 0$, решая второе уравнение системы (11), находим

$$a = e^{i(2\alpha - \pi)/4}[c_1 e^{2|\lambda|y} + ic_2 e^{-2|\lambda|y}], \quad (13)$$

где $\alpha = \arg \lambda$, c_1, c_2 – произвольные вещественные постоянные. Заметим, что случай $\lambda = 0$ (тогда $\mu = 0$) можно включить в (13), считая $\alpha = 0$.

Таким образом, верна следующая

Теорема. Пусть матрица $A\bar{A} - B\bar{B}$ вырожденная и имеет один линейно независимый собственный вектор u , отвечающий нулевому собственному значению. Тогда общее решение системы (1) при $\|\bar{A}u\|_{C^n} = \|\bar{B}u\|_{C^n}$ имеет вид

$$w(z) = a(z)u,$$

где $a(z)$ определяется формулой (12), если $\bar{A}u \neq -\bar{B}u$ и формулой (13), если $\bar{A}u = -\bar{B}u$. В случае $\|\bar{A}u\|_{C^n} \neq \|\bar{B}u\|_{C^n}$ система (1) имеет только нулевое решение.

Теперь рассмотрим общий случай. Пусть нулевому собственному значению матрицы $C = A\bar{A} - B\bar{B}$ соответствуют m линейно независимые собственные векторы u_1, \dots, u_m . Будем считать, что вектора u_1, \dots, u_m ортонормированы. Дополним эту систему векторов до ортонормированного базиса в C^n векторами u_{m+1}, \dots, u_n .

Разлагая вектора $A\bar{u}_j, B\bar{u}_j$ ($j = \overline{1, m}$) по базису $\{u_k\}_{k=1}^n$

$$A\bar{u}_j = \alpha_{j1}u_1 + \dots + \alpha_{jn}u_n, \quad \alpha_{jk} = (A\bar{u}_j, u_k), \quad (14)$$

$$B\bar{u}_j = \beta_{j1}u_1 + \dots + \beta_{jn}u_n, \quad \beta_{jk} = (B\bar{u}_j, u_k), \quad (15)$$

и подставляя в систему (6), после приравнивания коэффициентов при u_k , получим

$$\frac{\partial a_j}{\partial \bar{z}} = \sum_{k=1}^m \alpha_{jk} \bar{a}_k, \frac{\partial a_j}{\partial z} = \sum_{k=1}^m \beta_{jk} \bar{a}_k, j = \overline{1, m}; (16)$$

$$\sum_{j=1}^m \alpha_{jk} \bar{a}_j, \sum_{j=1}^m \beta_{jk} \bar{a}_j, k = \overline{m+1, n}. (17)$$

Таким образом, для определения функций $a_1(z), \dots, a_m(z)$ мы получили переопределенную систему уравнений в частных производных (16) и систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) (17). Введя вектор $a = (a_1, \dots, a_m)^T$ и матрицы $M = (\alpha_{jk}), N = (\beta_{jk}), j, k = \overline{1, m}; P =$

$= (\alpha_{jk}, \beta_{jk})^T, j = \overline{1, m}, k = \overline{m+1, n}$, системы (16) и (17) запишем в виде

$$a_{\bar{z}} = M\bar{a}, a_z = N\bar{a}, (18)$$

$$P\bar{a} = 0. (19)$$

Рассмотрим два возможных случая: а) $P = 0$; б) $P \neq 0$.

Случай $P = 0$. В этом случае в правых частях представлений (14) и (15) количество слагаемых будет равно m и СЛАУ (19) превратится в тождество. Покажем, что выполняется равенство

$$M\bar{M} = N\bar{N}. (20)$$

В силу (14) имеем

$$A\bar{A}u_j = \sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj} A\bar{u}_k = \sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj} \sum_{l=1}^m \alpha_{lk} u_l = \\ = \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj} \alpha_{kl} u_l, j = \overline{1, m}. (21)$$

Аналогично в силу (15):

$$B\bar{B}u_j = \sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj} B\bar{u}_k = \sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj} \sum_{l=1}^m \beta_{lk} u_l = \\ = \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^m \bar{\beta}_{kj} \beta_{kl} u_l, j = \overline{1, m}. (22)$$

Так как $A\bar{A}u_j = B\bar{B}u_j, j = \overline{1, m}$, то из равенств (21) и (22) получим

$$\sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj} \alpha_{lk} = \sum_{k=1}^m \bar{\beta}_{kj} \beta_{lk}, j, l = \overline{1, m}.$$

Эти равенства эквивалентны равенству (20).

Как было указано выше, равенство вида (20) является необходимым и достаточным условием полной разрешимости системы (18) и общее решение этой системы имеет вид

$$a(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(2k)!} (D\bar{D})^k \left(c + \frac{1}{2k+1} D\bar{c} \right), (23)$$

где $D = M\bar{z} + Nz, c$ – произвольный вектор из C^m .

Итак, в случае $P = 0$ общее решение системы (1) представляется в виде (5), где a_1, \dots, a_m являются компонентами вектор-функции $a(z)$.

Случай $P \neq 0$. Если $\text{rang} P = m$, то СЛАУ (19) имеет только нулевое решение и тогда система (1) будет иметь только тривиальное решение $w = 0$. Поэтому будем считать, что $\text{rang} P < m$. Пусть e_1, \dots, e_p – фундаментальная ортонормированная система решений СЛАУ $\bar{P}e = 0, e \in C^m$ и $p = m - \text{rang} P$. Тогда решение системы (19) должно иметь вид

$$a(z) = b_1(z)e_1 + \dots + b_p(z)e_p,$$

где $b_j(z)$ – скалярные функции. Подставляя $a(z)$ в систему (18) и умножая обе части полученных уравнений скалярно на вектор e_j , получим следующую систему

$$b_{\bar{z}} = F\bar{b}, b_z = G\bar{b}, (24)$$

где $b = (b_1, \dots, b_p)^T, F = (c_{kj}), G = (d_{kj}), c_{kj} = (M\bar{e}_k, e_j), d_{kj} = (N\bar{e}_k, e_j)$. Эта система вида (1), но меньшего размера $m(p < m \leq n)$. Если $F\bar{F} = G\bar{G}$, то общее решение можно записать формулой вида (23), если же $F\bar{F} \neq G\bar{G}$, то нужно повторить процедуру, проведенную для системы (1).

Пример. Рассмотрим переопределенную систему в трёхмерном комплексном пространстве C^3 :

$$w_{\bar{z}} = A\bar{w}, w_z = \bar{w}, \quad (25)$$

где $A = \begin{pmatrix} A_1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, A_1 – комплексная постоянная матрица порядка два. В этом случае $C = A\bar{A} - E_3$, E_3 – единичная матрица третьего порядка. Будем предполагать, что $C \neq 0$. Очевидно

$$\det C = \det(A\bar{A} - E_3) = \det \begin{pmatrix} A_1\bar{A}_1 - E_2 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = 0,$$

E_2 – единичная матрица второго порядка, т.е. условие (4) выполняется.

Найдём собственные векторы $U = (u, v, w)^T$ матрицы C , отвечающие нулевому собственному значению, из СЛАУ

$$\begin{pmatrix} A_1\bar{A}_1 - E_2 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} U = 0. \quad (26)$$

Отсюда

$$\begin{cases} (A_1\bar{A}_1 - E_2) \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = 0, \\ 0 \cdot u + 0 \cdot v + 0 \cdot w = 0, \end{cases} \quad (27)$$

т.е. w – произвольное комплексное число. В силу условия $C \neq 0$ имеем $D = A_1\bar{A}_1 - E_2 \neq 0$. Поэтому $\text{rang} D = 1$ или 2 .

Случай $\text{rang} D = 1$. Первое уравнение из (27) имеет одно линейно независимое решение $(u_0, v_0)^T$; можно считать, что $|u_0|^2 + |v_0|^2 = 1$. Так как $\text{rang}(A_1\bar{A}_1 - E_2) = 1$, то система (26) имеет два линейно независимых решения. В качестве таких решений возьмём

$U_1 = (u_0, v_0, 0)^T$, $U_2 = (0, 0, w_0)^T$, где $|w_0| = 1$. Пусть $D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} \end{pmatrix}$ и первая строка этой матрицы ненулевая. Положим $U_3 = (u_1, v_1, 0)$, где

$$u_1 = d^{-1}\bar{d}_{11}, v_1 = d^{-1}\bar{d}_{12}, d = (|d_{11}|^2 + |d_{12}|^2)^{\frac{1}{2}}.$$

Очевидно, что $\|U_3\| = 1$, $(U_2, U_3) = 0$. Покажем, что $(U_1, U_3) = 0$. В силу первого уравнения системы (27) справедливо равенство $d_{11}u_0 + d_{12}v_0 = 0$.

Поэтому $u_1\bar{u}_0 + v_1\bar{v}_0 = 0$. Левая часть этого равенства есть не что иное, как скалярное произведение векторов U_3 и U_1 .

Итак, векторы U_1, U_2, U_3 образуют ортонормированный базис в C^3 , причем U_1 и U_2 собственные векторы матрицы C , отвечающие нулевому собственному значению.

Теперь находим матрицы M, N и P , для чего нужно найти $\alpha_{jk}, \beta_{jk}, j = 1, 2; k = 1, 2, 3$.

Считая $A_1 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$, имеем

$$\begin{aligned} \alpha_{11} &= (A\bar{U}_1, U_1) = a_{11}\bar{u}_0^2 + (a_{12} + a_{21})\bar{u}_0\bar{v}_0 + a_{22}\bar{v}_0^2, \\ \alpha_{12} &= (A\bar{U}_1, U_2) = 0, \alpha_{13} = (A\bar{U}_1, U_3) = (a_{11}\bar{u}_1 + a_{21}\bar{v}_1)\bar{u}_0 + \\ &+ (a_{12}\bar{u}_1 + a_{22}\bar{v}_1)\bar{v}_0, \alpha_{21} = (A\bar{U}_2, U_1) = 0, \alpha_{22} = (A\bar{U}_2, U_2) = \bar{w}_0^2, \\ \alpha_{23} &= (A\bar{U}_2, U_3) = 0; \beta_{11} = (\bar{U}_1, U_1) = \bar{u}_0^2 + \bar{v}_0^2, \\ \beta_{12} &= (\bar{U}_1, U_2) = 0, \beta_{13} = (\bar{U}_1, U_3)\bar{u}_0\bar{u}_1 + \bar{v}_0\bar{v}_1, \beta_{21} = (\bar{U}_2, U_1) = 0, \\ \beta_{22} &= (\bar{U}_2, U_2) = \bar{w}_0^2, \beta_{23} = (\bar{U}_2, U_3) = 0. \end{aligned}$$

Следовательно,

$$M = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & 0 \\ 0 & \bar{w}_0^2 \end{pmatrix}, N = \begin{pmatrix} \bar{u}_0^2 + \bar{v}_0^2 & 0 \\ 0 & \bar{w}_0^2 \end{pmatrix}, P = \begin{pmatrix} \alpha_{13} & 0 \\ \bar{u}_0\bar{u}_1 + \bar{v}_0\bar{v}_1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Определим решения систем (18) и (19). Система (19) имеет вид

$$\begin{cases} \alpha_{13}\bar{a}_1(z) = 0, \\ (\bar{u}_0\bar{u}_1 + \bar{v}_0\bar{v}_1)\bar{a}_1(z) = 0. \end{cases} \quad (28)$$

Если $|\alpha_{13}| + |\bar{u}_0\bar{u}_1 + \bar{v}_0\bar{v}_1| > 0$, то $a_1(z) = 0$. Тогда система (16) будет иметь вид

$$\frac{\partial a_2}{\partial \bar{z}} = \bar{w}_0^2 \bar{a}_2, \frac{\partial a_2}{\partial z} = \bar{w}_0^2 \bar{a}_2. \quad (29)$$

Вычитая эти уравнения, получим $\frac{\partial a_2}{\partial y} = 0$, т.е. a_2 зависит только от переменной x следовательно

$$\frac{\partial a_2}{\partial x} = 2\overline{w_0}^2 \overline{a_2}. \quad (30)$$

Отсюда

$$\frac{\partial^2 a_2}{\partial x^2} = 2\overline{w_0}^2 \cdot \frac{\partial \overline{a_2}}{\partial x} = 2\overline{w_0}^2 \cdot \overline{\left(\frac{\partial a_2}{\partial x}\right)} = 4a_2,$$

так как $|w_0| = 1$. Поэтому $a_2 = c_1 e^{2x} + c_2 e^{-2x}$, где c_1, c_2 – комплексные постоянные. Подставим эту функцию в уравнение (30):

$$2(c_1 e^{2x} - c_2 e^{-2x}) = 2\overline{w_0}^2 (c_1 e^{2x} + c_2 e^{-2x}).$$

Далее получим $c_1 = \overline{w_0}^2 \overline{c_1}, -c_2 = \overline{w_0}^2 \overline{c_2}$. Пусть $w_0 = e^{i\varphi_0}, c_j = a_j e^{i\varphi_j}, j = 1, 2$. Тогда имеем следующие соотношения $e^{i\varphi_1} = e^{-i(2\varphi_0 + \varphi_1)}, e^{i(\pi + \varphi_2)} = e^{-i(2\varphi_0 + \varphi_2)}$, из которых находим

$$\varphi_1 = \varphi_{1k} \equiv -\varphi_0 + \frac{\pi k}{2}, \varphi_2 = \varphi_{2k} \equiv -\varphi_0 + \frac{\pi l}{2}, k, l = 0, 1, 2, 3. \quad (31)$$

Итак, в рассматриваемом случае

$$a_1 = 0, a_2 = d_1 e^{i\varphi_1} e^{2x} + d_2 e^{i\varphi_2} e^{-2x}, \quad (32)$$

где d_1, d_2 – произвольные вещественные числа, и общее решение системы (25) имеет вид

$$w = a_1 U_1 + a_2 U_2 = (d_1 e^{i\varphi_1} e^{2x} + d_2 e^{i\varphi_2} e^{-2x})(0, 0, e^{i\varphi_0})^T.$$

Если числа α_{13} и $u_0 u_1 + v_0 v_1$ равны нулю, то система (28) превратится в тождество и мы рассмотрим систему (16):

$$\begin{cases} \frac{\partial a_1}{\partial \bar{z}} = \alpha_{11} \overline{a_1}, \frac{\partial a_1}{\partial z} = (\overline{u_0}^2 + \overline{v_0}^2) \overline{a_1}, \\ \frac{\partial a_2}{\partial \bar{z}} = \overline{w_0}^2 \overline{a_2}, \frac{\partial a_2}{\partial z} = \overline{w_0}^2 \overline{a_2}, \end{cases} \quad (33)$$

Последние два уравнения – эта система (29), общее решение которой даётся в виде (32). Складывая и вычитая первые два уравнения, получим

$$\frac{\partial a_1}{\partial x} = \mu \overline{a_1}, \frac{\partial a_1}{\partial y} = \nu \overline{a_1}, \quad (34)$$

где $\mu = \alpha_{11} + \overline{u_0}^2 + \overline{v_0}^2, \nu = -i(\alpha_{11} - \overline{u_0}^2 - \overline{v_0}^2)$. Первое уравнение этой системы решается как уравнение (30) и

$$a_1 = C_1(y) e^{|\mu|x} + C_2(y) e^{-|\mu|x}, \quad (35)$$

где $C_1(y), C_2(y)$ – произвольные функции класса C_1 . Функцию a_1 подставим во второе уравнение системы (34):

$$C_1'(y) e^{|\mu|x} + C_2'(y) e^{-|\mu|x} = \nu [\overline{C_1(y)} e^{|\mu|x} + \overline{C_2(y)} e^{-|\mu|x}].$$

Отсюда имеем $C_1'(y) = \nu \overline{C_1(y)}, C_2'(y) = \nu \overline{C_2(y)}$ или

$$C_j(y) = d_j e^{|\nu|y} + e_j e^{-|\nu|y}, j = 1, 2, \quad (36)$$

здесь d_j, e_j – произвольные комплексные постоянные.

Таким образом, в рассматриваемом случае a_1 определяется с помощью формул (35) и (36), a_2 – формулы (32) и общее решение системы (25) даётся в виде $w = a_1 U_1 + a_2 U_2$.

Случай $\text{rang} D = 2$. В этом случае первое уравнение системы (27) имеет только нулевое решение $u = v = 0$ и общее решение системы (26) имеет вид $U = (0, 0, w)^T$, где $w \in C^1$. Тогда из (5) следует, что

$$w(z) = (0, 0, w_0 a(z))^T, \quad (37)$$

где $|w_0| = 1, a(z)$ – скалярная функция, подлежащая определению. Выражение (37) подставляя в систему (25), получим

$$w_0 a_{\bar{z}} = \overline{w_0} \overline{a}, w_0 a_z = \overline{w_0} \overline{a}.$$

Эта система относится к системе вида (29) и его общее решение даётся формулой типа (32).

Итак, в случае $\text{rang} D = 2$ общее решение системы (25) имеет вид

$$w(z) = (0, 0, d_1 e^{i\varphi_1} e^{2x} + d_2 e^{i\varphi_2} e^{-2x})^T,$$

где d_1, d_2 – произвольные вещественные числа, а φ_1 и φ_2 определяются формулой (31).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аккерман В.Б. Снижение размерности в уравнениях гидродинамики / В.Б. Аккерман, М.Л. Зайцев // ЖВМ и МФ. 2011. Т.51. №8.
2. Гайшун И.В. Вполне разрешимые многомерные дифференциальные уравнения / И.В. Гайшун // М: Едиториал УРСС, 2004. – 273 с.
3. Михайлов Л. Г. Некоторые переопределенные системы уравнений в частных производных с двумя неизвестными функциями / Л. Г. Михайлов // Душанбе: Дониш, 2017. – 134 с.
4. Раджабов Н. Переопределённая линейная система второго порядка с сингулярными и сверхсингулярными линиями / Н. Раджабов, Эл Саид Мохамед // LAP. LAMBERT. AkademikPublishig. 2011. – 234 с.
5. Hopf E. Statistical hydromechanics and functional calculus / E. Hopf // J. Rat. Mech. Anal. 1952. V. 87. №1. – P. 19 – 43.
6. Naak W. Partial and Pfaffian Differential Equations / W. Naak, W. Wendland // Pergamon Pres, 1972.
7. Байзаев С. О необходимых и достаточных условиях существования ограниченных решений переопределенных систем уравнений с частными производными / С. Байзаев, М.А. Рахимова // Учёные записки. Серия: естественные и экономические науки. Худжанд: Нури маърифат, 2017. №3(42). – С. 3 – 12.
8. Байзаев С. Периодические решения одной переопределенной системы уравнений с частными производными / С. Байзаев, М.А. Рахимова // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. Душанбе: ТНУ. 2017. №1/5. – С.18 – 21.
9. Байзаев С. О некоторых функциональных уравнениях в пространствах Шварца и их приложениях / С. Байзаев, М.А. Рахимова // Уфимский математический журнал. 2018. Том 10. №1. – С. 3 – 13.
10. Спенсер Д. Переопределенные системы линейных дифференциальных уравнений в частных производных / Д. Спенсер // Математика. 1970. Т.14. Вып. 3. – С. 99-126.
11. Захаров В. Е. Теория солитонов: метод обратной задачи / В. Е. Захаров, С. В. Манаков, С. П. Новиков, Л.П. Питаевский // - М.: Наука, 1980. – 319 с.
12. Пиров Р. Об одном способе исследования решения систем уравнений в частных производных, возникающего в трёхмерной теории поля / Р. Пиров // Вестник Воронежского госуниверситета. Серия физика, математика, 2015. №4. – С. 175-180.
13. Байзаев С. Нахождение общего решения переопределенной системы уравнений в частных производных трёхмерной теории поля / С. Байзаев, П.А. Назаров // Материалы Воронежской III межд. конф. «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложения в технике и технологиях». Воронеж. 2018. – С. 32- 34.
14. Байзаев С. О решениях степенного роста переопределенной системы трёх уравнений с частными производными / С. Байзаев, Б.М. Джумаев // Учёные записки ХГУ, Серия: естественные и экономические науки. Худжанд: Нури маърифат. 2019. №3(50). – С. 3- 7.
15. Байзаев С. Об общем решении одной многомерной переопределенной комплексной системы уравнений с частными производными / С. Байзаев, М.А. Рахимова // Дифференциальные и интегральные уравнения с сингулярными коэффициентами и краевые задачи теории функций. Материалы межд. научной конф., посвященной 90-летию академика Л.Г. Михайлова. Душанбе, 2018. – С. 32–33.

REFERENCES LITERATURE

1. Ackerman V. B. Dimension reduction in the equations of hydrodynamics / V.B. Ackerman, M.L. Zaitsev // ZhVM and MF. 2011. T.51. No. 8.
2. Gayshun I.V. Completely solvable multidimensional differential equations / I.V. Gaishun // M: Editorial URSS, 2004. - 273 p.
3. Mikhailov L. G. Some overdetermined systems of partial differential equations with two unknown functions / L. G. Mikhailov // Dushanbe: Donish, 2017. - 134 p.
4. Radjabov N. Overdetermined linear system of the second order with singular and super-singular lines / N. Radjabov, El Said Mohamed // LAP. LAMBERT. AkademikPublishig. 2011. - 234 p.
5. Hopf E. Statistical hydromechanics and functional calculus / E. Hopf // J. Rat. Mech. Anal. 1952. V. 87. No. 1. - P. 19 - 43.
6. Naak W. Partial and Pfaffian Differential Equations / W. Naak, W. Wendland // Pergamon Pres, 1972.
7. Baizaev S. On the necessary and sufficient conditions for the existence of bounded solutions of overdetermined systems of partial differential equations / S. Baizaev, M.A. Rakhimova // Scientific notes. Series: natural and economic sciences. Khujand: Nuri Marifat, 2017. No. 3 (42). - P. 3 - 12.
7. Baizaev S. Periodic solutions of one overdetermined system of partial differential equations / S. Baizaev, M.A. Rakhimova // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. Dushanbe: TNU. 2017. No. 1/5. - P. 18 - 21.

8. Baizaev S. On some functional equations in Schwartz spaces and their applications / S. Baizaev, M.A. Rakhimova // Ufa Mathematical Journal. 2018. Volume 10. No. 1. - P. 3 - 13.
9. Spencer D. Overdetermined systems of linear partial differential equations / D. Spencer // Mathematics. 1970. T.14. Issue 3. - P. 99-126.
10. Zakharov VE The theory of solitons: the method of the inverse problem / VE Zakharov, SV Manakov, SP Novikov, LP Zakharov. Pitaevsky // - M.: Nauka, 1980. - 319 p.
11. Pirov R. On one method of studying the solution of systems of partial differential equations arising in three-dimensional field theory / R. Pirov // Bulletin of Voronezh State University. Series physics, mathematics, 2015. No. 4. - P. 175-180.
12. Baizaev S. Finding the general solution of an overdetermined system of partial differential equations of three-dimensional field theory / S. Baizaev, P.A. Nazarov // Materials of the Voronezh III international conference. "Modern problems of dynamical systems analysis. Applications in engineering and technology". Voronezh. 2018. -P. 32-34.
13. Baizaev S. On solutions of power-law growth of an overdetermined system of three partial differential equations / S. Baizaev, B.M. Dzhumaev // Uchenye zapiski KSU, Series: natural and economic sciences. Khujand: Nurima'rifat. 2019. No. 3 (50). - P. 3-7.
14. Baizaev S. On the general solution of one multidimensional overdetermined complex system of partial differential equations / S. Baizaev, M.A. Rakhimova // Differential and integral equations with singular coefficients and boundary value problems of function theory. Materials int. scientific conference dedicated to the 90th anniversary of academician L.G. Mikhailova. Dushanbe, 2018. - P. 32–33.

ДОИР БА ҲАЛҶОИ ЯК СИСТЕМАИ БИСЁРЧЕНАКАИ БАРЗИЁДМУАЙЯНШУДА БЕ ШАРТИ ПУРРА ИНТЕГРОНИДАШАВАНДАГӢ

Дар мақола системаи бисёрченакаи комплексии барзиёдмуайяншудаи муодилаҳо бо ҳосилаҳои хусусии тартиби якуми намуди $w_{\bar{z}} = A\bar{w}$, $w_z = B\bar{w}$, (1) дар ин ҷо $w \in C^n$, A, B – матритсаҳои комплексии тартиби n , муоина карда шудааст. Пештар маълум буд, ки баробарии $A\bar{A} = B\bar{B}$ барои системаи (1) шарти зарурӣ ва кифоягии пурра интегронидашавандагӣ мебошад ва формулаи ҳалли умумии ин система, ки аз як вектори ихтиёрии $c \in C^n$ вобаста аст, ҳосил карда шуда буд. Дар мақолаи мазкур ҳолати $A\bar{A} \neq B\bar{B}$, яъне шарти пурра интегронидашавандагӣ ҷой надоштан, таҳқиқ шудааст. Нишон дода шудааст, ки агар матритсаи $A\bar{A} - B\bar{B}$ матритсаи баръаксро дошта бошад, он гоҳ системаи (1) танҳо ҳали нулӣ дорад ва агар ин матритса махсус ва дорой якто вектори хоси хаттӣ новобастаи u – мувофиқи қимати хоси нулӣ бошад, он гоҳ ҳалли умумии системаи (1) дар ҳолати $\|\bar{A}u\|_{C^n} = \|\bar{B}u\|_{C^n}$ намуди зеринро дорад $w(z) = a(z)u$, дар инҷо $a(z)$ бо ёрии формулаи $a = e^{i\gamma/2} [c_1 e^{|\lambda+\mu|x+\varepsilon y} + ic_2 e^{-|\lambda+\mu|x-\varepsilon y}]$ хангоми $\bar{A}u \neq -\bar{B}u$ ва бо формулаи $a = e^{i(2\alpha-\pi)/4} [c_1 e^{2|\lambda|y} + ic_2 e^{-2|\lambda|y}]$ хангоми $\bar{A}u \neq -\bar{B}u$ ($\gamma = \arg(\lambda + \mu)$, $\lambda = (A\bar{u}, u)$, $\mu = (B\bar{u}, u)$, $\varepsilon = i(\lambda - \mu)e^{-i\gamma}$, $\alpha = \arg \lambda$, c_1, c_2 – доимҳои ихтиёрии ҳақиқӣ) ёфта мешавад. Дар ҳолати $\|\bar{A}u\|_{C^n} \neq \|\bar{B}u\|_{C^n}$ будан системаи (1) танҳо ҳалли нулӣ дорад. Ҳолати умумӣ, яъне ҳолате, ки ба қимати хоси нулӣ матритсаи $A\bar{A} - B\bar{B}$ якчанд векторҳои хоси хаттӣ новобаста мувофиқ меояд, ба ҳалли системаи намуди (1)-и андозааш хурд ва системаи муодилаҳои хаттӣ алгебравӣ оварда мешавад.

Калидвожаҳо: системаи бисёрченакаи комплексии барзиёдмуайяншудаи муодилаҳо бо ҳосилаҳои хусусӣ, ҳалли умумӣ.

О РЕШЕНИЯХ ОДНОЙ МНОГОМЕРНОЙ ПЕРЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ БЕЗ УСЛОВИЯ ПОЛНОЙ ИНТЕГРИРУЕМОСТИ

В статье рассматривается комплексная многомерная переопределенная система уравнений с частными производными первого порядка вида $w_{\bar{z}} = A\bar{w}$, $w_z = B\bar{w}$, (1) где $w \in C^n$, A, B – комплексные матрицы порядка n . Ранее было известно, что равенство $A\bar{A} = B\bar{B}$ является необходимым и достаточным условием полной интегрируемости системы (1) и найдена формула общего решения этой системы, зависящее от одного произвольного вектора $c \in C^n$. В настоящей работе исследуется случай, когда $A\bar{A} \neq B\bar{B}$, т.е.случай когда нет условия полной интегрируемости. Установлено, что если матрица $A\bar{A} - B\bar{B}$ обратимая, то система (1) имеет только нулевое решение, если же эта матрица вырожденная и имеет один линейно независимый собственный вектор, отвечающий нулевому собственному значению, то общее решение системы (1) при $\|\bar{A}u\|_{C^n} = \|\bar{B}u\|_{C^n}$ имеет вид $w(z) = a(z)u$, где $a(z)$ определяется формулой $a = e^{i\gamma/2} [c_1 e^{|\lambda+\mu|x+\varepsilon y} + ic_2 e^{-|\lambda+\mu|x-\varepsilon y}]$, если $\bar{A}u \neq -\bar{B}u$ и формулой $a = e^{i(2\alpha-\pi)/4} [c_1 e^{2|\lambda|y} + ic_2 e^{-2|\lambda|y}]$, если $\bar{A}u = -\bar{B}u$ ($\gamma = \arg(\lambda + \mu)$, $\lambda = (A\bar{u}, u)$, $\mu = (B\bar{u}, u)$, $\varepsilon = i(\lambda - \mu)e^{-i\gamma}$, $\alpha = \arg \lambda$, c_1, c_2 – произвольные вещественные постоянные). В случае $\|\bar{A}u\|_{C^n} \neq \|\bar{B}u\|_{C^n}$ система (1) имеет только нулевое решение. Общий случай, т.е. случай, когда нулевому собственному значению матрицы $A\bar{A} - B\bar{B}$ соответствуют несколько линейно независимых собственных вектора, сводится к решению системы вида (1) меньшего размера и системы линейных алгебраических уравнений.

Ключевые слова: комплексная многомерная переопределенная система уравнений с частными производными, общее решение.

ON SOLUTIONS OF ONE MULTIDIMENSIONAL OVERDETERMINED SYSTEM WITHOUT THE COMPLETE INTEGRABILITY CONDITION

The article deals with a complex multidimensional overdetermined system of first-order partial differential equations of the form

$$w_{\bar{z}} = A\bar{w}, w_z = B\bar{w}, (1)$$

where $w \in C^n, A, B$ – are complex matrices of order n . Earlier, it was known that the equality $A\bar{A} = B\bar{B}$ is a necessary and sufficient condition for the complete integrability of system (1), and a formula for the general solution of this system was found, depending on one arbitrary vector $c \in C^n$. In this paper, we study the case when $A\bar{A} \neq B\bar{B}$, that is, there is no condition for complete integrability. It is established that if the matrix $A\bar{A} - B\bar{B}$ is invertible, then system (1) has only a zero solution, but if this matrix is degenerate and has one linearly independent eigenvector u corresponding to a zero eigenvalue, then the general solution of system (1) for $\|\bar{A}u\|_{C^n} = \|\bar{B}u\|_{C^n}$ has the form $w(z) = a(z)u$, where $a(z)$ is defined by the formula $a = e^{i\gamma/2} [c_1 e^{|\lambda+\mu|x+\varepsilon y} + ic_2 e^{-|\lambda+\mu|x-\varepsilon y}]$ if $\bar{A}u \neq -\bar{B}u$ and the formula $\bar{A}u = -\bar{B}u$ ($\gamma = \arg(\lambda + \mu), \lambda = (A\bar{u}, u), \mu = (B\bar{u}, u), \varepsilon = i(\lambda - \mu)e^{-i\gamma}, \alpha = \arg \lambda, c_1, c_2$ – are arbitrary real constants). In the case $\|\bar{A}u\|_{C^n} \neq \|\bar{B}u\|_{C^n}$, system (1) has only the zero solution. The general case, i.e. the case when several linearly independent eigenvectors correspond to the zero eigenvalue of the matrix $A\bar{A} - B\bar{B}$ is reduced to solving a system of the form (1) of a smaller size and a system of linear algebraic equations.

Keywords: complex multidimensional overdetermined system of partial differential equations, general solution.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Байзоев Саттор* – доктори илмҳои физика-математика, профессор, Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ бизнес ва сиёсати Тоҷикистон, профессори кафедраи фанҳои риёзӣ ва табиатшиносии муосир. **Суроға:** ш. Хучанд, 17 мкр, Бинои 2. **Тел.:** (+992) 3422-2-38-11.

Ҷумаев Бустонбек Маҳмадназарович – муаллим, Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Б. Гафуров, муаллими кафедраи Анализи математикӣ ба номи профессор А. Мухсинов. **Суроға:** 735700, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хучанд, Бинои 1. **Тел.:** (+992) 92-802-01-94. **E-mail:** buston.jumaev.94@mail.ru

Сведения об авторах: *Байзаев Саттор* – доктор физико-математических наук, профессор, Таджикский государственный университет права, бизнеса и политики, профессор кафедры математических дисциплин и современного естествознания. **Адрес:** г. Худжанд, 17 мкр-р, Дом 2. **Тел.:** (+992) 3422-2-38-11.

Джумаев Бустонбек Махмадназарович – преподаватель, Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова, преподаватель кафедры математического анализа имени профессора А. Мухсинова. **Адрес:** 735700, г. Худжанд, Дом 1. **Тел.:** (+992) 92-802-01-94. **E-mail:** buston.jumaev.94@mail.ru

Information about the authors: *Baizaev Sattor* – the doctor of physical and mathematical sciences, professor, Tajik state university of law, business and politics, professor of the department of mathematical disciplines and modern natural science, the. **Address:** Khujand, 17mkr-r, Building 2. **Phone:** (+992) 3422-2-38-11.

Jumaev Bustonbek Mahmadvazarovich – lefture, the Khujand state university academician B. Gafurov, the lefturer of the department of mathematical analysis named after professor Muhsinov A. **Address:** 735700, Khujand, Building 1. **Phone:** (+992) 92-802-01-94. **E-mail:** buston.jumaev.94@mail.ru

Мухсинов Е.М.

Таджикский государственный университет право, бизнеса и политики

Пусть, X, Y, Z – банаховые пространства, $U([0, \infty), Y)$ – множество всех измеримых отображений действующих из $[0, \infty)$ в Y , $h \geq 0$ – заданное действительное число, C – банахово пространство непрерывных функций, отображающих $[-h, 0]$ в X , а дифференциальная игра описывается уравнением

$$\dot{x}(t) = f(x_t, u(t), v(t), t) \quad (1)$$

и замкнутым терминальным множеством $M \subset X$. В дифференциальной игре (1), $t \geq 0, x(t) \in X$ отображение $u(\cdot) \in U([0, \infty), Y)$ – управление преследования, а отображение $v(\cdot) \in U([0, \infty), Z)$ – управление убегания. Если $T \geq 0$, то для любого $t \in [0, T]$ определим $x_t \in C$ соотношением $x_t(\theta) = x(t + \theta), -h \leq \theta \leq 0$. Если D – открытое подмножество $X \times Y \times Z \times [0, \infty)$, то отображение $f: D \rightarrow X$, такое, что для любых $u(\cdot) \in U([0, \infty), Y), v(\cdot) \in U([0, \infty), Z), \varphi(\cdot) \in C, T \geq 0$, задача Коши

$$\dot{x}(t) = f(x_t, u(t), v(t), t), x_0 = \varphi \quad (2)$$

имеет единственное абсолютно непрерывное решение $x(\cdot) = x(\varphi, f)(\cdot)$ действующее из $[0, T]$ в X . При этом это решение соответствующим управлениям $u(\cdot), v(\cdot)$, имеет вид (см. [1, стр. 72])

$$x(t) = \varphi(0) + \int_0^t f(x_s, u(s), v(s), s) ds, t \geq 0,$$

$$x_0(s) = \varphi(s), -h \leq s \leq 0 \quad (3)$$

Замечание 1. Отметим, что когда отображение $f: D \rightarrow X$ удовлетворяет условиям Каратеодори, т.е. когда $f(\varphi, u, v, t)$ измеримо по t при каждом фиксированном (φ, u, v) , непрерывно по (φ, u, v) для каждого фиксированного t и для любой фиксированной четверки $(\varphi, u, v, t) \in D$ существует окрестность $O(\varphi, u, v, t)$ и интегрируемая по Лебегу функция m , такие что $\|f(\varphi, u, v, s)\| \leq m(s), (\varphi, u, v, s) \in O(\varphi, u, v, t)$, то задача (2) имеет единственное абсолютно непрерывное решение вида (3).

Определение (см., например, [2, стр. 31], [3, стр. 90]). В игре (1) из начального положения $\varphi(s), -h \leq s \leq 0, \varphi(0) \in X \setminus M$ возможно уклонение от встречи с терминальным множеством M , если при любом $u(\cdot) \in U([0, \infty), Y)$ в каждый момент $t \in [0, \infty)$, зная уравнение (1) и значения $u(t)$ и $x(s), 0 \leq s \leq t$ можно выбрать значения $v(t)$ таким образом, что $v(\cdot) \in U([0, \infty), Z)$ и $x(t) \notin M$ при всех $t \geq 0$, где $x(\cdot)$ решение задачи (2), соответствующее управлениям $u(\cdot)$ и $v(\cdot)$.

Задача убегания. Найти множество начальных положений, из которых в игре (1) возможно уклонение от встречи с терминальным множеством.

Предположение 1. Пусть выполнены следующие условия:

1. X, Z – сепарабельные банаховые пространства;
2. Отображение $f: D \rightarrow X$ удовлетворяет условию Каратеодори;
3. Имеется отображение $V: X \rightarrow (-\infty, \infty)$, локально удовлетворяющее условию Липшица и такое что терминальное множество $M = \{x \in X: V(x) \leq 0\}$;
4. Функция $(\xi, t) \rightarrow \lambda(\xi, t)$, непрерывная по $\xi \in (-\infty, \infty)$ и измеримая по $t \in [0, \infty)$, такая, что минимальное решение $\underline{\xi}(\cdot)$ задачи

$$\xi'(t) = \lambda(\xi(t), t), \xi(0) = V(\varphi(0)) > 0 \quad (4)$$

определено на $[0, \infty)$ и $\underline{\xi}(t) > 0$ при всех $t \geq 0$.

Следующая лемма 1 вытекает из теоремы Олеха-Опаяла, доказательство которой можно найти в (см. [4, стр.41]).

Лемма 1. Пусть $\underline{\xi}(\cdot)$ – минимальное решение задачи 4и абсолютно непрерывное на $[0, T]$ отображение $t \rightarrow V(x(t))$ такое, что $V(x(0)) \geq \underline{\xi}(0)$ и почти всюду $V'(x(t)) \geq \lambda(V(x(t)), t)$. Тогда, при всех $t \in [0, T]$ имеет место неравенство $V(x(t)) \geq \underline{\xi}(t)$.

Замечание 2. В предположении 1 в качестве отображения $V(\cdot)$ можно, например брать $V(x) = \rho(x, M)$ – расстояние от точки $x \in X$ до множества M потому, что

$$|\rho(x, M) - \rho(y, M)| \leq \|x - y\|,$$

для любых $x, y \in X$, т. е. функция $\rho(\cdot, M)$ удовлетворяет условию Липшица.

Справедлива следующая

Лемма 2. Пусть $V(\cdot): X \rightarrow (-\infty, \infty)$ локально удовлетворяет условию Липшица, а $x(\cdot): [0, T] \rightarrow X$ абсолютно непрерывно. Тогда отображение $t \rightarrow V(x(t))$ на $[0, T]$ абсолютно непрерывно.

Доказательство. В силу того, что $x(\cdot)$ – абсолютно непрерывно, а X – банахово пространство, то выпуклое множество $\overline{\text{co}}x([0, T]) \subset X$ компактно. Покажем, что отображение $V(\cdot)$ удовлетворяет условию Липшица на компакте $\overline{\text{co}}x([0, T])$. В силу локально липшицевости $V(\cdot)$ для любого $x \in X$ существуют окрестность $O(x)$ и константа $L(x)$ такие, что

$$|V(y) - V(z)| \leq L(x)\|y - z\|, y, z \in O(x).$$

В силу компактности $\overline{\text{co}}x([0, T])$ из любого покрытия можно выбрать конечное подпокрытие $\cup_{i=1}^n O(x_i) \supset \overline{\text{co}}x([0, T])$, где $x_i \in \overline{\text{co}}x([0, T])$.

Ясно, что отображение $V(\cdot)$ на каждой окрестности $O(x_i)$ удовлетворяет условию Липшица с константой $L = \max_{1 \leq i \leq n} L(x_i)$. Покажем, что отображение $V(\cdot)$ удовлетворяет условию Липшица на $\overline{\text{co}}x([0, T])$ с константой L . Пусть x и y произвольные точки $\overline{\text{co}}x([0, T])$. В силу выпуклости этого множества отрезок $[x, y] \subset \overline{\text{co}}x([0, T]) \subset \cup_{i=1}^n O(x_i)$. На отрезке $[x, y]$ последовательность точек z_1, z_2, \dots, z_n выбираем таким образом, что пары $(x, z_1), (z_1, z_2), \dots, (z_k, y)$ лежали соответственно в $O(x_1), O(x_2), \dots, O(x_n)$ (такие окрестности всегда существуют).

Тогда,

$$\begin{aligned} |V(x) - V(y)| &= |V(x) - V(z_1) + V(z_1) - V(z_2) + V(z_2) - \dots - V(y)| \\ &\leq |V(x) - V(z_1)| + |V(z_1) - V(z_2)| + \dots + |V(z_k) - V(y)| \\ &\leq L|x - z_1| + L|z_1 - z_2| + \dots + L|z_k - y| \\ &= L|x - z_1 + z_1 - z_2 + z_2 - \dots + z_k - y| = L|x - y|, \end{aligned}$$

ибо точки $x, z_1, z_2, \dots, z_k, y$ лежат на отрезке $[x, y]$. Следовательно, отображение $V(\cdot)$ липшицево на компакте $\overline{\text{co}}x([0, T])$. Далее в силу (см. [5, стр.132]) отображение $t \rightarrow V(x(t))$ на $[0, T]$ абсолютно непрерывно.

Лемма доказана.

Далее, если $V: X \rightarrow (-\infty, \infty)$, то при любых $x, z \in X$ положим

$$V^{+'}(x; z) = \overline{\lim}_{h \rightarrow 0^+} [V(x + hz) - V(x)] \cdot h^{-1}$$

Справедлива следующая

Теорема. Пусть выполнены предположение 1 и следующие условия:

1. Множество $\mathbb{Z}(x, u, t) = \{v \in Z: V^{+'}(x; f(x_t, u, v, t)) \geq \lambda(V(x), t)\}$ – замкнуто, а отображение $(x, u, t) \rightarrow \mathbb{Z}(x, u, t)$ измеримо;
2. Множество $\Omega = \{\varphi(0): \varphi \in C \text{ и } V(\varphi(0)) > 0\}$ непусто;
3. Существуют число $\varepsilon > 0$ и абсолютно непрерывное отображение $x(\cdot): [0, \infty] \rightarrow X$ такие, что $x(0) = \varphi(0)$ и имеет место

$$\begin{cases} \dot{x}(t) \in \bigcap_{u \in Y} f(x_t, u, \mathbb{Z}(x(t), u, t), t) \text{ при почти всех } t \in T_\varepsilon \\ \dot{x}(t) \in \bigcap_{u \in Y} f(x_t, u, Z, t) \text{ при почти всех } t \in [0, \infty) \setminus T_\varepsilon \end{cases} \quad (5)$$

где $T_\varepsilon = \{t \geq 0: 0 < V(x(t)) < \varepsilon\}$.

Тогда из каждой точки множество Ω возможноуклонение от встречи с терминальным множеством.

Доказательство. Если $\varphi(0) \in \Omega, \varphi \in C$ и $V(\varphi(0)) > 0$, то в силу (5) для любого отображения $u(\cdot) \in U([0, \infty), Y)$ существует абсолютно непрерывное отображение $x(\cdot)$ такое, что $x(0) = \varphi(0), x_0(s) = \varphi(s), -h \leq s \leq 0$ и при почти всех t выполняется следующее включение:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) \in f(x_t, u(t), \mathbb{Z}(x(t), u(t), t), t) \text{ на } T_\varepsilon \\ \dot{x}(t) \in f(x_t, u(t), Z, t) \text{ на } [0, \infty) \setminus T_\varepsilon \end{cases} \quad (6)$$

В силу леммы 2 отображение $V(x(\cdot))$ абсолютно непрерывно. Поэтому, из определения множества $\mathbb{Z}(x, u, t)$ и из (6) следует, что при любом $T \in [0, \infty)$ для почти всех $t \in [0, T] \cap T_\varepsilon$ верны соотношения

$$\frac{d}{dt} V(x(t)) = V^{+'}(x(t), \dot{x}(t)) \geq \lambda(V(x(t), t)) \quad (7)$$

где равенство написано на основании теоремы Иосидзавы из (см. [6, стр.269]).

Из первой условия теоремы, отображение $t \rightarrow \mathbb{Z}(x, u, t)$ измеримо и замкнутозначно. Поэтому, в силу теоремы о неявной функции (см. [7, стр. 108]) существует отображение $v(\cdot) \in U([0, \infty), Z)$ такое, что $v(t) \in \mathbb{Z}(x(t), u(t), t)$ для почти всех $t \in T_\varepsilon$ и $\dot{x}(t) = f(x_t, u(t), v(t), t)$ для почти всех $t \in [0, T]$. Следовательно, $x(\cdot)$ есть единственное решение задачи (2) соответствующее управлениям $u(\cdot), v(\cdot)$ и удовлетворяющее (7) почти всюду на $[0, T] \cap T_\varepsilon$. Как известно (см. [8], стр. 58) открытое множество T_ε представимо в виде объединения конечного или счетного числа попарно непересекающихся интервалов I_j , то есть

$$T_\varepsilon = \bigcup_{j \in N} I_j,$$

где N – конечное или счетное множество натуральных чисел. В силу леммы 1 из неравенства (7) следует, что $V(x(t)) \geq \varepsilon$ при всех $t \in [0, T] \setminus T_\varepsilon$ и $V(x(t)) \geq \underline{\xi}_j(t) > 0$ при всех $t \in [0, T] \cap I_j, j \in N$, где $\underline{\xi}_j(\cdot)$ нижнее решение задачи (4), в которой $t_0 = t_j$ и $x_0 = x(t_j)$, где t_j начало интервала I_j . В силу произвольности $T \in (0, \infty)$, заключаем, что $V(x(t)) > 0$ при всех $t \geq 0$, а это означает, что $x(t) \in M$ при всех $t \geq 0$. Теорема доказана.

Замечание 3. В доказанной теореме предполагается, что у дифференциального включения (6) существует абсолютно непрерывное решение. О достаточных условиях существования решений дифференциального включения можно найти, например, в работе [9, стр.761].

Замечание 4. Доказанная теорема обобщает соответствующий результат из работы [10, стр.654], когда игра описывается нелинейным дифференциальным уравнением запаздывающего типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хейл Дж. Теория функционально-дифференциальных уравнений// Дж. Хейл. - М:Мир, 1984. – 421с.
2. Понтрягин Л.С. Линейная дифференциальная игра убегания// Л.С.Понтрягин. – Труды математического института АН СССР, 1971, т.112. -С.30-63.
3. Мухсинов Ё.М. Задача убегания одной дифференциальной игры с запаздывающим аргументом при инвариантности терминального множества// Ё.М.Мухсинов, М.Н. Муродова. – Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук, 2019, №1. -С.90-93.
4. Lakshmikantham V. Differential and interline qualities/ V.Lakshmikantham, S.Leela. – New York: Acad.Press, 1962. – 392 p.

5. Алексеев В.М. Оптимальное управление/ В.М.Алексеев, В.М.Тихомиров, С.В. Фомин. – М.:Наука, 1979. – 432 с.
6. Руш Н. Прямой метод Ляпунова в теории устойчивости/ Н.Руш, П.Абетс, М. Лалуа. – М:Мир, 1980. – 302 с.
7. Castaing C. Convex analysis and measurable multifunction's// C.Castaing, M.Valadier. – Lecturenotesin Math, 1977, №580, p.1-278.
8. Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа// А.Н.Колмогоров, С.В. Фомин. – М.:Наука, 1976. – 4-е изд. – 544 с.
9. Мухсинов А.М. О дифференциальных включениях в банаховых пространствах// А.М. Мухсинов. – ДАН СССР, 1974, т.217. №4. - С.759-761.
10. Мухсинов Ё.М. О задачах преследования и убегания в банаховом пространстве// Ё.М. Мухсинов. – Доклады АН Тадж. ССР,1981, т.24. №11. – С.653-655.

REFERENCES LITERATURE

1. Hale J. Theory of functional differential equations // J. Hale. - M: Mir, 1984 .- 421p.
2. Pontryagin L.S. Linear Differential Escape Game // L.S. Pontryagin. - Proceedings of the Mathematical Institute of the USSR Academy of Sciences, 1971, v. 112. - P.30-63.
3. Mukhsinov Y.M. The evasion problem for one differential game with lagging argument under invariance of the terminal set // Y.M. Mukhsinov, M.N. Murodova. - Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences, 2019, no. -P.90-93.
4. Lakshmikantham V. Differential and interline qualities / V. Lakshmikantham, S. Leela. - New York: Acad.Press, 1962 .- 392 p.
5. Alekseev V.M. Optimal control / V.M. Alekseev, V.M. Tikhomirov, S.V. Fomin. - M.: Nauka, 1979 .- 432 p.
6. Rush N. Lyapunov's direct method in stability theory / N. Rush, P. Abets, M. Lalua. - M: Mir, 1980 .- 302 p.
7. Castaing C. Convex analysis and measurable multifunction's // C. Castaing, M. Valadier. - Lecturenotesin Math, 1977, No. 580. – P.1-278.
8. Kolmogorov A.N. Elements of the theory of functions and functional analysis // Kolmogorov A.N., S.V. Fomin. - M.: Nauka, 1976 .- 4th ed. - 544 p.
9. Mukhsinov A.M. On differential inclusions in Banach spaces // A.M. Mukhsinov. - DAN USSR, 1974, v. 217. No. 4. - P.759-761.
10. Mukhsinov Y.M. On the problems of pursuit and evasion in a Banach space // YO.M. Mukhsinov. - Reports of the Academy of Sciences Taj. SSR, 1981, vol. 24. No. 11. - P.653-655.

МАСЪАЛАИ ГУРЕХТАН БАРОИ БОЗИҶОИ ДИФФЕРЕНСИАЛИИ ҒАЙРИХАТӢ БО АРГУМЕНТИ ДЕРМОӢ ДАР ФАЗОИ БАНАХ

Дар мақола масъалаи гурахтан бо маънои Л.С.Понтрягин барои бозиҳои дифференсиалии ғайрихатӣ бо аргументи дермонӣ дида шудааст. Усулҳои назарияи нобаробариҳои дифференсиалиро истифода бурда, дар фазои Банах ҳалшавандагии масъалаи таъқиқкунӣ исбот карда шудааст.

Калидвожаҳо: масъалаи гурахтан, бозиҳои дифференсиалии ғайрихатӣ, муодилаҳои дифференсиалии бо аргументи дермонӣ, маҷмуи терминалӣ, фазои Банах.

О ЗАДАЧЕ УБЕГАНИЯ В НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ИГРАХ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ АРГУМЕНТОМ

В работе рассматривается разрешимость задачи убегания в смысле Л.С.Понтрягина для нелинейной дифференциальной игры с запаздывающим аргументом. В банаховом пространстве методами теории дифференциальных неравенств доказана возможность уклонения от встречи с терминальным множеством.

Ключевые слова: задача убегания, нелинейная дифференциальная игра, дифференциальные уравнения запаздывающего типа, терминальное множество, банаховое пространство.

ON THE PROBLEM OF ESCAPE IN NONLINEAR DIFFERENTIAL GAMES WITH RETARDED ARGUMENT

The paper considers the solvability of the escape problem in the sense of L.S. Pontryagin for a nonlinear differential game with retarded argument. In a Banach space, methods of the theory of differential inequalities are used to prove the possibility of avoiding an encounter with a terminal set.

Keywords: escape problem, nonlinear differential game, delay differential equations, terminal set, Banach space.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Мухсинов Ёдгор Мирзоевич* – Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ, бизнес ва сиёсати Тоҷикистон, номзоди илмҳои физика-математика, дотсенти кафедраи фанҳои риёзӣ ва табиатшиносии муосир. **Суроға:** 735700, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Хучанд, 17 мкр, Бинои 2. **Телефон:** +992 92 773 43 42, **E-mail:** yodgor.mukhsinov@gmail.com

Сведения об авторе: *Мухсинов Едгор Мирзоевич* – Таджикский государственный университет права, бизнеса и политики, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математических дисциплин и современного естествознания. **Адрес** 735700, Республика Таджикистан, г.Худжанд, 17мкр-н, дом 2. **Тел.:** +992 927734342. **E-mail:** yodgor.mukhsinov@gmail.com

Information about the author: *Mukhsinov Yodgor Mirzoevich* – Tajik state university of law, business and politics, candidate of physical and mathematical Sciences, docent of the department of mathematical disciplines and modern natural science. **Address:** 735700, Republic of Tajikistan, Khujand, 17mkr-n, Building 2. **Phone:** +992 92 773 43 42. **E-mail:** yodgor.mukhsinov@gmail.com

**ОБ ОДНОМ КЛАССЕ ЗАДАЧ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ
В ТРЁХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Ниматова М.Х., Ниматов Х., Абдулазизов А.
Таджикский Национальный Университет
Кулябский Государственный Университет им. А. Рудаки

Пусть R^3 трёхмерное евклидово пространство и D некоторая ограниченная область в R^3 . В пространстве R^3 рассмотрим семейство кривых Γ проходящих через заданную точку $x \in D$ по заданному направлению $\nu, \nu = \nu(\alpha, \beta), 0 \leq \alpha \leq 2\pi, 0 < h_1 \leq \beta \leq h_2 < \frac{\pi}{2}$. Предположим, что $\forall x \in D$ и $\forall \nu$ существует единственная кривая $\Gamma(x, \nu)$ из семейства Γ проходящая через точку $x \in D$ и длины всех кривых $\Gamma(x, \nu)$ равномерно ограничены.

Тогда уравнение каждой кривой $\Gamma(x, \nu)$ семейства Γ может быть представлено в виде

$$\xi_1 = x_1 + (\xi_3 - x_3)[ctg\beta \cdot \cos\alpha + \varphi_1(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta)], \quad (1)$$

$$\xi_2 = x_2 + (\xi_3 - x_3)[ctg\beta \cdot \sin\alpha + \varphi_2(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta)],$$

где

$$\varphi_i(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) \in C^2_{x_1, x_2, x_3, \xi_3}, \varphi_i(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) \Big|_{\xi_3 = x_3} = 0, D_{\xi_3} \varphi_i \Big|_{\xi_3 = x_3} \neq 0, i = 1, 2 \quad (2)$$

и

$$\varphi_i(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) \equiv 0 \text{ при } |\xi_3 - x_3| > \gamma, \gamma > 0, \gamma - \text{конечное число.}$$

Здесь – угол между касательной к кривой $\Gamma(x, \nu)$ в точке $x \in D$ и её проекцией на плоскости $\xi_1 O \xi_2$, α -уголь между проекцией в плоскости $\xi_1 O \xi_2$ касательной к кривой $\Gamma(x, \nu)$ и оси $O \xi_1$.

Рассмотрим уравнение

$$\int_{\Gamma(x_1, x_2, x_3, \alpha, \beta)} u(\xi_1, \xi_2, \xi_3) ds = \vartheta(x_1, x_2, x_3, \alpha, \beta), \quad (3)$$

где ds - элемент длины дуги кривой $\Gamma(x, \nu)$.

Задача. По функции $\vartheta(x_1, x_2, x_3, \alpha, \beta)$ определить функцию $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$.

Решение уравнения (3) есть задача интегральной геометрии. В случае, когда $\varphi_i(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) \equiv 0$ уравнение (3) исследовано в [1]. В случае, когда $\varphi_i(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) = \varphi_i(x_1, x_2, \xi_3 - x_3, \alpha, \beta)$ и $\varphi_i(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) = \varphi_i(x_3, \xi_3, \alpha, \beta)$ уравнение (3) исследовано в [2,3].

В случае, когда Γ является семейство кривых типа параболы с вершиной в точке $x \in D$ или являются замкнутыми кривыми и «мало» отличаются от окружности радиуса r ($0 < r < \infty$), уравнение (3) исследовано в [4,7]. В двухмерном пространстве в случае, когда Γ являются кривыми типа параболы и в других случаях уравнения (3) было изучено в [8,9,10].

Имеет место следующая:

Теорема. Пусть $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ непрерывная и финитная функция с носителем в области D и

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |\tilde{u}(\lambda, \mu, \delta)| d\lambda d\mu d\delta < +\infty$$

где $\tilde{u}(\lambda, \mu, \delta)$ преобразование Фурье функции $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$. Функции $\varphi_i(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta)$ удовлетворяют условиям (1-2). Тогда решение уравнения (3) единственно.

Доказательство. В уравнении (3) от дифференцирования по длине дуги переходим к дифференцированию по переменной ξ_3 , получим

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \Theta(|\xi_3 - x_3|) \cdot K_0(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) \cdot u(x_1 + (\xi_3 - x_3)(ctg\beta\cos\alpha + \varphi_1),$$

$$x_2 + (\xi_3 - x_3)(ctg\beta\sin\alpha + \varphi_2), \xi_3) d\xi_3 = \vartheta(x_1, x_2, x_3, \alpha, \beta),$$

где

$$\Theta(|\xi_3 - x_3|) = \begin{cases} 1, & |\xi_3 - x_3| \leq \gamma, \\ 0, & |\xi_3 - x_3| > \gamma, \end{cases}$$

$$K_0(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) = \sqrt{1 + [ctg\beta\cos\alpha + D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_1)]^2 + [ctg\beta\sin\alpha + D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_2)]^2},$$

$$K_0(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) \Big|_{\xi_3 = x_3} = \sqrt{1 + ctg^2\beta} = \frac{1}{\sin\beta}. \quad (5)$$

К обеим частям уравнения (4) применим оператор L :

$$(L\vartheta)(\lambda, \mu, x_3) = \tilde{\vartheta}_1(\lambda, \mu, x_3) = \int_0^{2\pi} \int_{h_1}^{h_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \vartheta(x_1, x_2, x_3, \alpha, \beta) \cdot e^{-i(\lambda x_1 + \mu x_2)} dx_1 dx_2 d\beta d\alpha.$$

Получим

$$\int_0^{2\pi} \int_{h_1}^{h_2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \theta(|\xi_3 - x_3|) \cdot K_0(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) \cdot u(x_1 + (\xi_3 - x_3)(ctg\beta\cos\alpha + \varphi_1), x_2 + (\xi_3 - x_3)(ctg\beta\sin\alpha + \varphi_2), \xi_3) e^{-i(\lambda x_1 + \mu x_2)} d\xi_3 dx_1, dx_2, d\beta d\alpha = \tilde{\vartheta}_1(\lambda, \mu, x_3). \quad (6)$$

В уравнении (6) от интегрирования по переменным x_1 и x_2 , переходим к интегрированию по переменным ξ_1 и ξ_2 . Из уравнения (1) следует, что если $|\xi_3 - x_3| \leq \gamma$, то $|\xi_1 - x_1| \leq C_1 \cdot \gamma$ и $|\xi_2 - x_2| \leq C_2 \cdot \gamma$, $C_1, C_2 = const$.

Кроме того,

$$\frac{D(\xi_1, \xi_2)}{D(x_1, x_2)} = \left| \frac{D_{x_1} \xi_1 D_{x_2} \xi_1}{D_{x_1} \xi_2 D_{x_2} \xi_2} \right| = K_1(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) = 1 + (\xi_3 - x_3).$$

(6¹)

$$\cdot \sum_{i=1}^2 D_{x_i} \varphi_i + (\xi_3 - x_3)^2 \cdot (D_{x_1} \varphi_1 \cdot D_{x_2} \varphi_2 - D_{x_2} \varphi_1 \cdot D_{x_1} \varphi_2), K_1(\cdot) \Big|_{\xi_3 = x_3} = 1 \neq 0.$$

Отсюда, согласно теоремы существования и дифференцируемости неявной функции при достаточно малом γ переменные x_1 и x_2 из уравнения (1) однозначно можно выразить через переменные ξ_1 и ξ_2 .

Разрешая уравнения (1) получим

$$x_1 = \tilde{x}_1(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta) = \xi_1 - (\xi_3 - x_3) \operatorname{ctg} \beta \cos \alpha + \tilde{\varphi}_1(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta),$$

$$x_2 = \tilde{x}_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta) = \xi_2 - (\xi_3 - x_3) \operatorname{ctg} \beta \sin \alpha + \tilde{\varphi}_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta),$$

где

$$\tilde{\varphi}_i(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta) \in C_{\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3}^2, D_{\xi_k}^e \tilde{\varphi}_i \Big|_{\xi_3 = x_3} = 0, i, k = 1, 2, \ell = 0, 1.$$

Отсюда

$$dx_1 dx_2 = \frac{D(x_1, x_2)}{D(\xi_1, \xi_2)} d\xi_1 d\xi_2 = \left| \frac{D_{\xi_1} x_1 D_{\xi_2} x_1}{D_{\xi_1} x_2 D_{\xi_2} x_2} \right| d\xi_1 d\xi_2 =$$

$$= \frac{d\xi_1 d\xi_2}{K_1(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta)} \Big|_{\substack{x_1 = \tilde{x}_1(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta), \\ x_2 = \tilde{x}_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta)}}$$

и уравнение (6) принимает следующий вид

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\int_0^{2\pi} \int_{h_1}^{h_2} K_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta, \lambda, \mu) \cdot e^{i(\xi_3 - x_3) \operatorname{ctg} \beta \cdot (\lambda \cos \alpha + \mu \sin \alpha)} d\alpha d\beta \right] \cdot \Theta(|\xi_3 - x_3|) \cdot e^{-i(\lambda \xi_1 + \mu \xi_2)} \cdot u(\xi_1, \xi_2, \xi_3) d\xi_1 d\xi_2 d\xi_3 = \tilde{\vartheta}_1(\lambda, \mu, x_3), (7)$$

где

$$K_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta, \lambda, \mu) =$$

$$= \frac{K_0(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta)}{K_1(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta)} \Big|_{\substack{x_1 = \tilde{x}_1(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta) \\ x_2 = \tilde{x}_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta)}} \cdot e^{-i(\lambda \tilde{\varphi}_1 + \mu \tilde{\varphi}_2)} \quad (8)$$

$$K_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta, \lambda, \mu) = K_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta, \lambda, \mu) \Big|_{\xi_3 = x_3} +$$

$$+ \left[K_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta, \lambda, \mu) - K_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta, \lambda, \mu) \Big|_{\xi_3 = x_3} \right] =$$

$$= \frac{1}{\sin \beta} + \left[K_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta, \lambda, \mu) - \frac{1}{\sin \beta} \right], (9)$$

$K_0(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta)$ и $K_1(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta)$ -определяются формулами (5) и (6¹).

Пользуясь условием (9) уравнение (7) представим в виде

$$\int_{-\infty}^{+\infty} K_3(x_3 - \xi_3, \lambda, \mu) \cdot \tilde{u}(\lambda, \mu, x_3) d\xi_3 + \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\int_0^{2\pi} \int_{h_1}^{h_2} (K_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta, \lambda, \mu) - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{\sin \beta}) \cdot e^{i(\xi_3 - x_3) \operatorname{ctg} \beta \cdot (\lambda \cos \alpha + \mu \sin \alpha)} d\alpha d\beta \right] \cdot \Theta(|\xi_3 - x_3|) \cdot u(\xi_1, \xi_2, \xi_3) \cdot$$

$$\cdot e^{-i(\lambda \xi_1 + \mu \xi_2)} d\xi_1 d\xi_2 d\xi_3 = \tilde{\vartheta}_1(\lambda, \mu, x_3), (10)$$

где

$$\begin{aligned}
K_3(x_3 - \xi_3, \lambda, \mu) &= \int_0^{2\pi} \int_{h_1}^{h_2} \frac{\Theta(|\xi_3 - x_3|)}{\sin\beta} \cdot e^{-i(x_3 - \xi_3)ctg\beta \cdot (\lambda \cos\alpha + \mu \sin\alpha)} d\alpha d\beta = \\
&= \left| \begin{array}{l} \lambda = \rho \cos\varphi, \rho = \sqrt{\lambda^2 + \mu^2} \\ \mu = \rho \sin\varphi, 0 \leq \varphi \leq 2\pi \end{array} \right| = \int_0^{2\pi} \int_{h_1}^{h_2} \frac{\Theta(|\xi_3 - x_3|)}{\sin\beta} \cdot \\
&\cdot e^{-i(x_3 - \xi_3)\rho ctg\beta \cdot \cos(\alpha - \varphi)} d\alpha d\beta = |\alpha - \varphi = t| = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{h_1}^{h_2} \frac{\Theta(|\xi_3 - x_3|)}{\sin\beta} \cdot \\
&\cdot e^{-i(x_3 - \xi_3)\rho ctg\beta \cdot \cos t} d\alpha d\beta = \int_{h_1}^{h_2} \frac{2\pi \cdot \Theta(|\xi_3 - x_3|)}{\sin\beta} \cdot J_0(\rho(x_3 - \xi_3)ctg\beta), \\
\tilde{u}(\lambda, \mu, \xi_3) &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u(\xi_1, \xi_2, \xi_3) \cdot e^{-i(\lambda\xi_1 + \mu\xi_2)} d\xi_1 d\xi_2,
\end{aligned}$$

$J_0(z)$ -цилиндрическая функция нулевого порядка [5]:

$$J_0(z) = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \cdot \frac{z^{2k}}{2^{2k} \cdot (k!)^2}.$$

Полагая в (10)

$$u(\xi_1, \xi_2, \xi_3) = \frac{1}{(2\pi)^3} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{u}(\lambda_1, \mu_1, \delta_1) \cdot e^{i(\lambda_1\xi_1 + \mu_1\xi_2 + \delta_1\xi_3)} d\lambda_1 d\mu_1 d\delta_1$$

и применяя к обеим частям уравнения (10) преобразование Фурье по переменной x_3 , получаем

$$\begin{aligned}
\psi(\lambda, \mu, \delta) \cdot \tilde{u}(\lambda, \mu, \delta) + \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{K}_4(\lambda - \lambda_1, \mu - \mu_1, \delta, \delta_1, \lambda, \mu) \cdot \\
\cdot \tilde{u}(\lambda_1, \mu_1, \delta_1) d\lambda_1 d\mu_1 d\delta_1 = \tilde{\vartheta}_1(\lambda, \mu, \delta), \quad (11)
\end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
\tilde{K}_4(\lambda - \lambda_1, \mu - \mu_1, \delta, \delta_1, \lambda, \mu) &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} K_4(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \lambda, \mu) \cdot \\
&= \\
&\cdot \theta(|\xi_3 - x_3|) \cdot e^{-i(\delta x_3 - \delta_1 \xi_3)} \cdot e^{-i[(\lambda - \lambda_1)\xi_1 + (\mu - \mu_1)\xi_2]} d\xi_1 d\xi_2 d\xi_3 dx_3 = \\
&= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\int_{x_3 - \gamma}^{x_3 + \gamma} K_4(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \lambda, \mu) e^{i\delta_1 \xi_3} d\xi_3 \right] \\
&\quad e^{-i\delta x_3} \cdot e^{-i[(\lambda - \lambda_1)\xi_1 + (\mu - \mu_1)\xi_2]} d\xi_1 d\xi_2 dx_3,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_4(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \lambda, \mu) &= \int_0^{2\pi} \int_{h_1}^{h_2} \frac{1}{8\pi^3} \cdot \left(K_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \alpha, \beta, \lambda, \mu) - \frac{1}{\sin\beta} \right) \cdot \\
&\cdot e^{i(\xi_3 - x_3)ctg\beta \cdot (\lambda \cos\alpha + \mu \sin\alpha)} d\beta d\alpha, \\
\tilde{\vartheta}_1(\lambda, \mu, \delta) &= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\delta x_3} \cdot \tilde{\vartheta}_1(\lambda, \mu, x_3) dx_3,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \psi(\lambda, \mu, \delta) &= \int_{-\infty}^{+\infty} K_3(t, \rho) e^{-i\delta t} dt = \int_{h_1}^{h_2} \frac{2\pi}{\sin\beta} \cdot \left[\int_{-\infty}^{+\infty} \theta(|t|) \mathcal{J}_0(\rho ctg\beta \cdot t) e^{-i\delta t} dt \right] \cdot \\ &\cdot d\beta = \int_{h_1}^{h_2} \frac{4\pi}{\sin\beta} \left[\int_0^\gamma \mathcal{J}_0(\rho ctg\beta \cdot t) \cos\delta t dt \right] d\beta = \psi_1(\lambda, \mu, \delta) - \\ &- \int_{h_1}^{h_2} \int_\gamma^\infty \frac{4\pi}{\sin\beta} \cdot \mathcal{J}_0(\rho ctg\beta \cdot t) \cos\delta t dt d\beta, \\ \psi_1(\lambda, \mu, \delta) &= \begin{cases} \int_{h_1}^{h_2} \frac{4\pi}{\sin\beta \cdot \sqrt{(\rho ctg\beta)^2 - \delta^2}} d\beta, & 0 < \delta < \rho ctg\beta, \\ 0 \text{ или } \infty, & \delta = \rho ctg\beta, \\ 0, & 0 < \rho ctg\beta < \delta. \end{cases} \end{aligned}$$

Воспользуясь формулой Лагранжа функцию $K_4(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \lambda, \mu)$ в окрестности точки (x_1, x_2, x_3) представим в следующем виде

$$\begin{aligned} K_4(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \lambda, \mu) &= \\ &= \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_{h_1}^{h_2} \left[\sum_{j=1}^3 (\xi_j - x_j) \cdot D_{\xi_j} \left(\frac{K_0(x_1, x_2, x_3, \xi_3, \alpha, \beta) e^{-i(\lambda\tilde{\varphi}_1 + \mu\tilde{\varphi}_2)}}{K_1(\cdot)} \right) \cdot \right. \\ &\quad \cdot \left. \begin{matrix} x_1 = \tilde{x}_1 \\ x_2 = \tilde{x}_2 \end{matrix} \right] \cdot e^{i(\xi_3 - x_3)ctg\beta \cdot (\lambda\cos\alpha + \mu\sin\alpha)} d\beta d\alpha = \\ &= \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_{h_1}^{h_2} \left\{ \sum_{j=1}^3 (\xi_j - x_j) \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^2 (D_{x_i} K_0 \cdot K_1 - D_{x_i} K_1 \cdot K_0) \cdot D_{\xi_j} x_i - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - i(\lambda D_{\xi_j} \tilde{\varphi}_1 + \mu \cdot D_{\xi_j} \tilde{\varphi}_2) K_0 \cdot K_1 \right]}{K_1^2} \right] + (\xi_3 - x_3) \cdot \frac{D_{\xi_3} K_0 \cdot K_1 - D_{\xi_3} K_1 \cdot K_0}{K_1^2} \left. \right\} \cdot \\ &\quad e^{-i(\lambda\tilde{\varphi}_1 + \mu\tilde{\varphi}_2)} \cdot e^{i(\xi_3 - x_3)ctg\beta \cdot (\lambda\cos\alpha + \mu\sin\alpha)} d\beta d\alpha, \\ D_{x_i} K_0 &= \frac{[ctg\beta\cos\alpha + D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_1)] \cdot D_{x_i}(D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_1)) + [ctg\beta\sin\alpha + D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_1)] \cdot D_{x_i}(D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_2))}{K_0}, \\ D_{\xi_3} K_0 &= \frac{[ctg\beta\cos\alpha + D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_1)] \cdot D_{\xi_3}(D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_1)) + \\ &+ [ctg\beta\sin\alpha + D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_2)] \cdot D_{x_i}(D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_2))}{K_0}, \\ D_{x_i} K_1 &= D_{x_i} \left[(\xi_3 - x_3) \sum_{i=1}^2 D_{x_i} \varphi_i + (\xi_3 - x_3)^2 (D_{x_1} \varphi_1 \cdot D_{x_2} \varphi_2 - D_{x_2} \varphi_1 \cdot D_{x_1} \varphi_2) \right], \\ D_{\xi_i} K_1 &= D_{\xi_i} \left[(\xi_3 - x_3) \sum_{i=1}^2 D_{x_i} \varphi_i + (\xi_3 - x_3)^2 (D_{x_1} \varphi_1 \cdot D_{x_2} \varphi_2 - D_{x_2} \varphi_1 \cdot D_{x_1} \varphi_2) \right]. \end{aligned}$$

Поскольку $\varphi_1(\cdot) \equiv 0$ при $|\xi_3 - x_3| > \gamma$, то

$$D_{x_i}(D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_k)) \equiv 0, D_{\xi_3}(D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3)\varphi_k)) \equiv 0, D_{\xi_j} \tilde{\varphi}_i \equiv 0,$$

$$D_{x_i}(D_{x_k} \varphi_i) \equiv 0, \text{ и } D_{\xi_3}((\xi_3 - x_3) D_{x_i} \varphi_k \cdot D_{x_k} \varphi_i) \equiv 0, \text{ при } |\xi_3 - x_3| > \gamma,$$

$j = 1, 2, 3, i, k = 1, 2$.

Отсюда $D_{x_i} K_0 \equiv 0$, $D_{\xi_3} K_0 \equiv 0$, $D_{x_1} K_1 \equiv 0$, $D_{\xi_3} K_1 \equiv 0$, и соответственно функция $K_4(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_3, \lambda, \mu) \equiv 0$ при $|\xi_3 - x_3| > \gamma$.

В силу известных свойств преобразования Фурье [6] ядро

$\tilde{K}_4(\lambda - \lambda_1, \mu - \mu_1, \delta, \delta_1, \lambda, \mu)$ уравнения (11) является аналитической функцией по каждой переменной $\lambda - \lambda_1$, $\mu - \mu_1$, и δ . Тогда функция

$$\psi_2(\lambda, \mu, \delta) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{K}_4(\lambda - \lambda_1, \mu - \mu_1, \delta, \delta_1, \lambda, \mu) \cdot \tilde{u}(\lambda_1, \mu_1, \delta_1) d\lambda_1 d\mu_1 d\delta_1$$

также является аналитической функцией по каждой переменной λ, μ и δ .

Так как

$$\int_0^{\gamma} J_0(\rho ctg\beta \cdot t) \cos\delta t dt + \int_{\gamma}^{+\infty} J_0(\rho ctg\beta \cdot t) \cos\delta t dt = \int_0^{+\infty} J_0(\rho ctg\beta \cdot t) \cos\delta t dt \geq 0.$$

Отсюда

$$0 \leq \int_{\gamma}^{+\infty} J_0(\rho ctg\beta \cdot t) \cos\delta t dt \leq \int_0^{+\infty} J_0(\rho ctg\beta \cdot t) \cos\delta t dt$$

и при

$$\delta \geq \rho ctg\beta, \int_{\gamma}^{+\infty} J_0(\rho ctg\beta \cdot t) \cos\delta t \cdot dt = 0.$$

Пусть $\delta \geq \rho ctg\beta$, тогда $\psi(\lambda, \mu, \delta) = 0$ и в силу (11) $\psi_2(\lambda, \mu, \delta) = \tilde{\vartheta}_1(\lambda, \mu, \delta)$. Отсюда, если $\tilde{\vartheta}_1(\lambda, \mu, \delta) = 0$, то $\psi_2(\lambda, \mu, \delta) = 0$ при $\delta \geq \rho ctg\beta$.

Так как $\psi_2(\lambda, \mu, \delta)$ аналитично по переменным λ, μ и δ , то в силу единственности аналитического продолжения функций $\psi_2(\lambda, \mu, \delta) = 0$ при

$\delta < \rho ctg\beta$. Отсюда, $\tilde{u}(\lambda, \mu, \delta) = 0$ при $\delta < \rho ctg\beta$.

В силу аналитичности функции $\tilde{u}(\lambda, \mu, \delta)$ по всем переменным λ, μ и δ , $\tilde{u}(\lambda, \mu, \delta) = 0$ при $\delta \geq \rho ctg\beta$.

Следовательно, $\tilde{u}(\lambda, \mu, \delta) = 0$ для любого λ, μ и δ .

Отсюда, решения уравнения (11) (соответственно (3)) единственно.

Теорема доказана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ниматов Х.Н., Об одном интегральном уравнении первого рода /Х. Н. Ниматов //Сиб. Мат. Журнал.т. 32, №2, изд. Наука, Сибирское отделение, 1991. – С. 188-192.
2. Ниматов Х.Н. Единственность и устойчивость решений одной задачи интегральной геометрии /Х. Ниматов, М.Х. Ниматова // Материалы международной научно-теорет. конференции посвящённой 80-летию академика АН РТ Раджабова Н. – Душанбе, 2018. – С. 122-127 с.
3. Ниматов Х.Н. Об одном классе задач интегральной геометрии для семейства кривых в пространстве /Х.Н. Ниматов., М.Х. Ниматова // Маводи конференсияи илмӣ-амалии байналмилалӣ дар мавзӯи «Масъалаҳои муосири математика ва методикаи таълими он» бахшида ба 80-солагии д.и.п., профессор Шарифзода Ҷ.Ш., Бохтар, 2019. – С. 81-83.
4. Лаврентьев М.М., Об одном классе задач интегральной геометрии в трёхмерном пространстве. / М. М. Лаврентьев // В кн. «Проблемы математики и механики»- Новосибирск, 1983. – С.132-138.
5. Градштейн И.С., Рыжик И.М., Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И.С. Градштейн., И.М. Рыжик., -М: Наука, 1971, 1108стр.
6. Шилов Г.Е. Математический анализ. Функции одного переменного. Часть 3/ Г.Е. Шилов. – М.: Наука, 1970. – 350 с.
7. Ниматов Х. Об одном интегральном уравнении первого рода/ Х. Ниматов, М.Х. Ниматова // Вестник ТНУ, Серия ест. наук, 1/1(192). – Душанбе: «Сино», 2016. – С. 17-26.
8. Лаврентьев М.М. Об одном классе задач интегральной геометрии / М.М. Лаврентьев, Х. Ниматов., //ДАН СССР, т. 239, №4, 1978. – С.783-784.

9. Романов В.Г. Некоторые обратные задачи для уравнений гиперболического типа, / В.Г. Романов, Наука, Новосибирск, 1972. – 162 с.
10. Лаврентьев М.М. Некорректные задачи математической физики и анализа / М.М. Лаврентьев, В.Г.Романов, С.П.Шишатский // - М.: Наука, 1980. – 285 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Nimatov Kh.N., On one integral equation of the first kind / Kh. N. Nimatov // Sib. Mat. Journal.t. 32, no. 2, ed. Science, Siberian Branch, 1991. – P. 188-192.
2. Nimatov Kh.N. Uniqueness and stability of solutions to one problem in integral geometry / Kh. Nimatov, M.Kh. Nimatova // Materials of the international scientific-theoretician. conference dedicated to the 80th anniversary of Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan N. Rajabov - Dushanbe, 2018. – P. 122-127 p.
3. Nimatov Kh.N. On a class of problems in integral geometry for a family of curves in the space /Kh.N. Nimatov, M.Kh.Nimatova// Materials of the international scientific-practical conference on the theme «Modern problems of mathematics and its teaching methodology dedicated to the 80th anniversary d.i.p., Professor Sharifzoda J.Sh., Bactria, 2019. – P. 81-83
4. Lavrent'ev MM, On a class of problems of integral geometry in three-dimensional space. / M. M. Lavrent'ev // In the book. "Problems of Mathematics and Mechanics" - Novosibirsk, 1983. – P.132-138.
5. Gradshteyn IS, Ryzhik IM, Tables of integrals, sums, series and products / IS. Gradshteyn., I.M. Ryzhik., - M: Nauka, 1971. – 1108 p.
6. Shilov G.E. Mathematical analysis. Functions of one variable. Part 3 / G.E. Shilov. - Moscow: Nauka, 1970. – 350 p.
7. Nimatov Kh. On one integral equation of the first kind / Kh. Nimatov, M.Kh. Nimatova // Bulletin of TNU, Series eating. Sci., 1/1 (192). - Dushanbe: "Sino", 2016. – P. 17-26.
8. Lavrentiev M.M. On one class of problems of integral geometry / M.M. Lavrent'ev, H. Nimatov// DAN SSSR, t. 239, No. 4, 1978. – P.783-784.
9. Romanov V.G. Some inverse problems for equations of hyperbolic type, / V.G. Romanov. Nauka, Novosibirsk, 1972. – 162 p.
10. Lavrentiev M.M. Ill-posed problems of mathematical physics and analysis / M.M. Lavrent'ev, V.G. Romanov, S.P. Shishatsky // - Moscow: Nauka, 1980. – 85 p.

ДАР БОРАИ ЯК СИНФИ МАСЪАЛАҲОИ ГЕОМАТРИЯИ ИНТЕГРАЛӢ ДАР ФАЗОИ СЕЧЕНАКА

Дар соҳаи маҳдуди D фазои сеченакаи евклидии R^3 масъалаи барқароркунии функсияи номаълуми $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ бо ёрии интегралҳо аз он, ки интегралҳо аз рӯи оилаи хатҳои қачи Γ аз нуқтаи додашудаи $(x_1, x_2, x_3) \in D$ гузаранда ва равиши муайяни ν – дошта гирифта мешаванд, омӯхта шудааст. Талаб карда мешавад, ки барои дилҳо $(x_1, x_2, x_3) \in D$ ва барои дилҳо ν хатти қачи ягонаи $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ аз оилаи хатҳои қачи Γ , ки аз нуқтаи $(x_1, x_2, x_3) \in D$ мегузарад, вучуд дорад ва дарозии хатҳои қачи $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ мунтазам маҳдуд мебошанд. Дар ин ҷо $\nu = \nu(\alpha, \beta)$, $0 \leq \alpha \leq 2\pi$, $0 < h_1 \leq \beta \leq h_2 < \frac{\pi}{2}$, β – кунҷи байнирасанда ба хатикачи $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ дар нуқтаи $(x_1, x_2, x_3) \in D$ ва проексияи он дар ҳамвори $\xi_1 0 \xi_2$ ва α – кунҷи байни проексияи хатти расанда дар ҳамвори $\xi_1 0 \xi_2$ ва тири $0 \xi_1$ мебошанд. Барои масъалаи гузошташуда ҳангоми гузоштани баъзе шартҳои иловагӣ нисбат ба функсияи номаълуми $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$, ва суфтагии хатҳои қачи $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ теоремаи ягонагии ҳал исбот карда шудааст. Масъалаи омӯхташуда дар мавриди Γ оилаи хатҳои қачи ҳамворва дар мавриди оилаи хатҳои қачи фазоии намуди параболо ё ки хатҳои қачи сарбасти аз давраи радиусаш ихтиёрии r ($0 < r < \infty$) “кам” фарқкунанда, аз тарафи М.М. Лаврентев таҳқиқ карда шуда буд. Дар фазои дученака дар мавриди Γ оилаи хатҳои қачи намуди параболӣ ва барои синфи дигари хатҳои қач ин гуна масъалаҳо аз тарафи М.М. Лаврентев, В.Г. Романов ва дигарҳо омӯхта шудаанд.

Калидвожаҳо: муодилаҳои интегралӣ, геометрияи интегралӣ, давомдиҳии аналитикии функсияҳо, масъалаҳои шартан–корректӣ.

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ ЗАДАЧ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ТРЁХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В ограниченной области D трёхмерного евклидова пространство R^3 рассматривается задача восстановления функций $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ через её интегралы, где интегрирования производятся по семейству кривых Γ проходящих через заданную точку $(x_1, x_2, x_3) \in D$ по заданному направлению ν , $\nu = \nu(\alpha, \beta)$, $0 \leq \alpha \leq 2\pi$, $0 < h_1 \leq \beta \leq h_2 < \frac{\pi}{2}$. Предполагается, что для любого $(x_1, x_2, x_3) \in D$ и для любого ν существует единственная кривая $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ из семейства Γ проходящая через точку $(x_1, x_2, x_3) \in D$ и длина всех кривых $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ равномерно ограничены. Здесь β – угол между касательной к кривой $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ в точке $(x_1, x_2, x_3) \in D$ и её проекцией на плоскости $\xi_1 0 \xi_2$ и α – угол между проекцией в плоскости $\xi_1 0 \xi_2$ касательной к кривой $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ и оси $0 \xi_1$. При некоторых дополнительных предположениях на искомой функции $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$, и гладкости кривых $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$

доказана единственность решения поставленной задачи. Рассматриваемая задача, в случае, когда Γ являются семейство плоских кривых и в случаях, когда Γ являются семейство пространственных кривых типа параболы или замкнутыми кривыми “мало” отлучающихся от окружности произвольного радиуса $r(0 < r < \infty)$, ранее было изучено М.М Лаврентьевым и мною. В двухмерном пространстве в случае, когда Γ являются кривыми типа параболы и для других классов кривых аналогичных задач были изучены М.М Лаврентьевым, В.Г. Романовым и другими авторами.

Ключевые слова: интегральные уравнения, интегральная геометрия, аналитическое продолжение функций, условно-корректные задачи

ON A CLASS OF PROBLEMS OF INTEGRAL GEOMETRY IN THREE-DIMENSIONAL SPACE

In bounded domain D of three-dimensional Euclidean space R^3 , the problem of recovering functions is considered $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ through its integrals where the integrals are performed over a family of curves Γ passing through a given point $(x_1, x_2, x_3) \in D$ in a given direction $\nu, \nu = \nu(\alpha, \beta), 0 \leq \alpha \leq 2\pi, 0 < h_1 \leq \beta \leq h_2 < \frac{\pi}{2}$. It is assumed that for any $(x_1, x_2, x_3) \in D$ and for any ν there is a unique curve $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ from the family Γ passing through the point $(x_1, x_2, x_3) \in D$ and the lengths of all curves $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ are uniformly bounded. Here β is the angle between the tangent to the curve $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ at the point $(x_1, x_2, x_3) \in D$ and its projection on the plane $\xi_1 O \xi_2$ and α is the angle between the projection in the plane $\xi_1 O \xi_2$ of the tangent to the curve $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ and the axis $O \xi_1$. For some additional propositions on the required function $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$, and the smoothness of the curves $\Gamma(x_1, x_2, x_3, \nu)$ the natural solution of the problem posed is proved. The problem under consideration in the case when Γ is a family of plane curves and in the cases when Γ is a family of spatial curves of the parabolic type or closed curvatures little different from a circle of arbitrary radius $r(0 < r < \infty)$ was studied earlier by M.M. Lavrentev and me. In two-dimensional space in the case when Γ are curves of the parabola type and for other classes of curves similar problems were studied by M.M. Lavrentev, Romanov and other authors.

Keywords: integral equations, integral geometry, analytic continuation of functions, conditionally well posed problems.

Маълумот дар бораи муаллифон: Ниматова Матлуба Ҳақимовна - Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ассистенти кафедраи моделсозӣ ва системаҳои иттилоотӣ. Суроға: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** mnimatova@list.ru Тел: 988298181

Ниматов Ҳақим - Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои физика ва математика, дотсенти кафедраи математикаи олии. Суроға: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯч. Рӯдакӣ, 17. Тел.: 985703513

Абдулазизов Абдулҳақим - Донишгоҳи давлатии Кӯлоб ба номи Рӯдакӣ, номзади илмҳои физика ва математика, дотсенти кафедраи таҳлили математикӣ ва назарияи функсияҳо. Суроға: 735360, Ҷумҳурии Тоҷикистон, вилояти Хатлон, Кӯлоб, кӯч. С. Сафаров, 16. Тел.: 988327566

Сведения об авторах: *Ниматова Матлуба Ҳақимовна* - Таджикский национальный университет, ассистент кафедры моделирования и информационных систем. Адрес: 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17. **E-mail:** mnimatova@list.ru. Тел.: 988 29 81 81

Ниматов Ҳақим – Таджикский национальный университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики. Адрес: 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17. Тел.: 985 70 35 13

Абдулазизов Абдулҳақим – Кулябский государственный университет им. А. Рудаки, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа и теории функции. Адрес: 735360, Республика Таджикистан, Хатлонская область, г. Куляб, ул. С. Сафарова, 16. Тел.: 988 32 75 66

Information about the authors: *Nimatova Matluba Hakimovna* – Tajik National University, assistant of the Department of Modeling and Information Systems. Address: 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki aven., 17. E-mail: mnimatova@list.ru Tel: 988 29 81 81

Nimatov Hakim – Tajik National University, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics. Address: 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki aven., 17. Tel: 985 70 35 13

Abdulazizov Abdulgakim – Kulyab State University named after A. Rudaki, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Analysis and Theory of Function. Address: 735360, Republic of Tajikistan, Khatlon region, Kulyab, st. S. Safarov, 16. Tel.: 988 32 75 66

УДК: 627.4.5

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ И БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДАМБ РЕКИ КЫЗЫЛСУ ВОСЕЙСКОГО РАЙОНА

Фатхуллоев Н.И., Арабов М.К.

НИИ Таджикского национального университета

Введение. Важно отметить, что алгоритмизации берегоукрепительных работ применяется для расчёта и прогнозирования расходных материалов. Актуальность данной тематики связано с тем, что по данной тематике принята государственная программа [1].

Государственная программа берегоукрепительных работ в Республике Таджикистан на 2018-2022 [1] годы разработана для проведения постоянного мониторинга и регулирования русел рек, проведения берегоукрепительных работ и очистка саев в целях предотвращения рисков селей и наводнений и размыва берегов рек.

В частности, в этой программе отмечено, что Таджикистан, являясь горной страной, постоянно подвергается природным катаклизмам. На территории республики находятся 947 рек и 276 саев общей протяженностью около 30 тысяч километров многие, из которых являются селеопасными. Огромные водные ресурсы приносят в стране как пользу, так и ежегодный материальный ущерб, и человеческие жертвы. Ежегодно в весенне-летний период резкое таяние снега и ледников, обильные осадки являются причиной наводнений, схода оползней и селевых потоков, которые наносят огромный ущерб населенным пунктам и объектам народного хозяйства.

В целях снижения воздействия стихийных бедствий, особенно селей и паводков в Республике Таджикистан необходимо предусмотреть превентивные меры в составе общей программы действий. Это позволит обеспечить защиту населения и сельскохозяйственных угодий, дорог, мостов и других важных объектов народного хозяйства от селей и паводков.

Следовательно, селевые потоки и наводнения, являясь наиболее распространенными стихийными бедствиями, наблюдаются почти во всех регионах республики. Согласно имеющимся данным селевые потоки, движущиеся со скоростью до 60-80 километров в час, повторяются до 25 раз в каждое десятилетие.

Наиболее подвержены селевым явлениям местности, расположенные в бассейнах рек Пяндж, Вахш, Сурхоб, Яхсу, Кизилсу, Варзоб, Кафирниган, Хонако, Каратаг, Зеравшан, Исфара и больших саев в городах и районах Куляб, Бальджуванском, Темурмалик, Шамсиддин Шохин, Деваштич, Аштском, Спитамен, Пенджикент, Шахристанском и других районах. В бассейнах рек Пяндж, Вахш и Зеравшан ежегодно происходит до 70 селевых явлений.

Следует отметить, что оптимальное управление водными ресурсами является важнейшей задачей государства. Водные ресурсы центральной Азии (ЦА) в основном берут начало из республик Таджикистан и Киргизстана. Актуальной является динамика наблюдения русла горных рек. Опыт показывает, что они в основном в зависимости от сезонности, смывают плодотворные участки. На основе [4] проводится численный расчёт используемых материалов. Этой тематике посвящено много работ, в частности [1], [2, с. 175] и [4-15].

В статье основной акцент придаётся новому алгоритму автоматизации берегоукрепительных работ реки Кызылсу Восейского района. Река Кызылсу и ее самый крупный приток река Яхсу берет свое начало на сравнительно небольших высотах и этим объясняется характер питания рек, а именно они имеют смешанное снего-дождевое питание.

Годовой расход воды отражает характер питания рек и характеризуется высоким стоянием расходов в период таяния снегов и выпадения дождей, продолжающегося с марта до середины июня.

Гидрограф расходов весеннего половодья отличаются пилообразной формой с 4÷7 резкими пиками, присущими горным рекам.

Летом (июль÷сентябрь) на реках бассейна устанавливается устойчивая межень, река в это время в основном переходят на грунтовое питание, доля которого в объеме годового стока невелика.

Следует отметить, что в районе железнодорожного моста периодически идут сильные береговые размывы. Идет тенденция разрушения обрыва и в опасности находятся жилые дома, находящиеся в ближайших окрестностях реки Кызилсу Восейского района. Под угрозой находится кишлак Сари Паром.

Осенне-зимний период, а особенно осенний (октябрь-сентябрь) характеризуется увеличением расходов воды вследствие выпадения дождей. Паводки на реках наблюдаются в апреле-мае, но в отдельные годы проявляются в марте и даже в июле.

С учётом статистических данных, ниже в таблице 1 приведена характеристика максимальных расходов воды по постам.

Средне-многолетние и дата прохождений максимальных расходов.

Таблица 1
Table 1

Река	Пункт	Период наблюдений	Максимальный расход м ³ /с	Дата прохождения	Средний многолетний максимальный расход
Кызылсу	Самончи	1951-1992	1310	10.05.1969	733
Яхсу	Карбозтанак	1935-2009	1590	22.05.1972	583
Яхсу	Восе	1930-1992	890	03.05.1959	364
Кызылсу	Бобохонша ид	1953-1992	707	10.05.1989	423

Основным фактором оказывающих большое влияние на величину смыва и размыва поверхности водосбора и на твердый сток рек, является метеорологические [4], количество выпавших осадков на водосборной поверхности. Весьма ощутимый сток влекомых наносов является верховья рек. Интенсивность смыва объясняется обилием осадков, высоким удельным стоком воды, распространением малостойких против денудации отложений. Здесь распространены лёссы и лёссовые породы. Наибольший модуль стока взвешенных наносов отмечен в бассейне Яхсу – 147,5 г/сек. С 1 км². Поскольку сток взвешенных наносов за год зависит от целого ряда факторов, колебания расходов взвешенных наносов не всегда синхронны с колебаниями расходов воды.

Ниже на рисунке 1 приведены проектные параметры дамбы

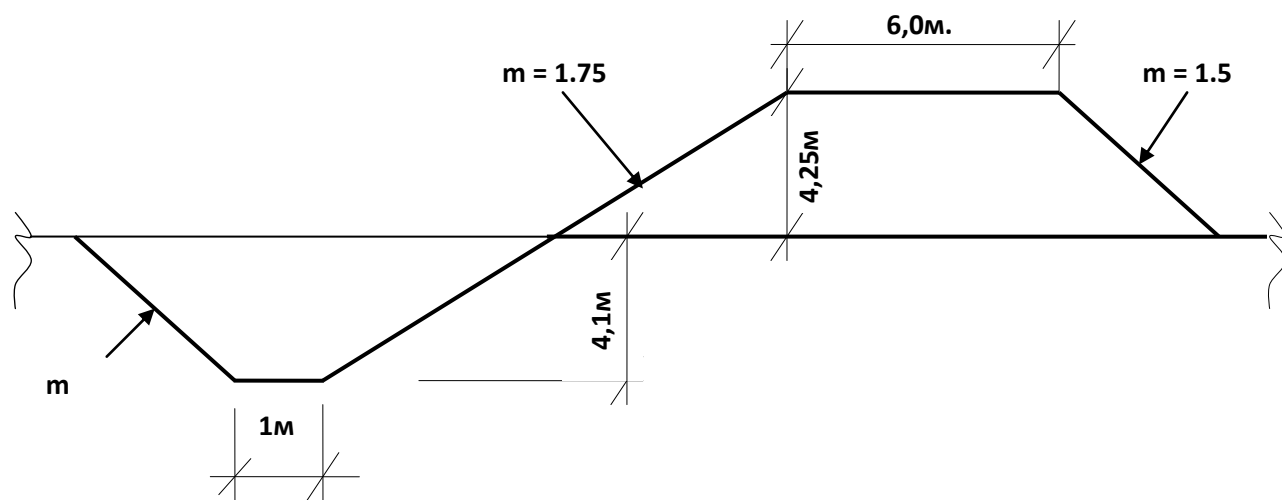


Рисунок 1. Проектные параметры дамбы
Figure 1. Design parameters of the dam

Что касается гидравлических расчетов русел реки, они вычислен посредством пакета [4] и отражены в таблице 2.

Гидравлические расчёт русла реки

Таблице 2
Table 2

№ п/п	Наименование показателя русла	Единица измерений	Расчетные результаты	Примечание
1	Расход воды $Q=$	м ³		$Q=930$
2	Уклон $I=$	-		$I=0,0013$
3	Параметр русла $A=$	-		$A=1,1$
4	Форсирование скорость $V_{ф.}=$	м/с	1,72	
5	Ширина устойчивость $B_y=$	м	126	
6	Удельный расход на 1 п/м $q=$	п/м	7,33	
7	Наполнение воды $H=$	м	3,34	
8	Максимальные скорость $V_{макс.}=$	м/с	2,19	

Расчетные результаты таблицы 2, получены посредством формул приведённые в таблице 4. Ниже в таблице 3 приведены список расходных материалов.

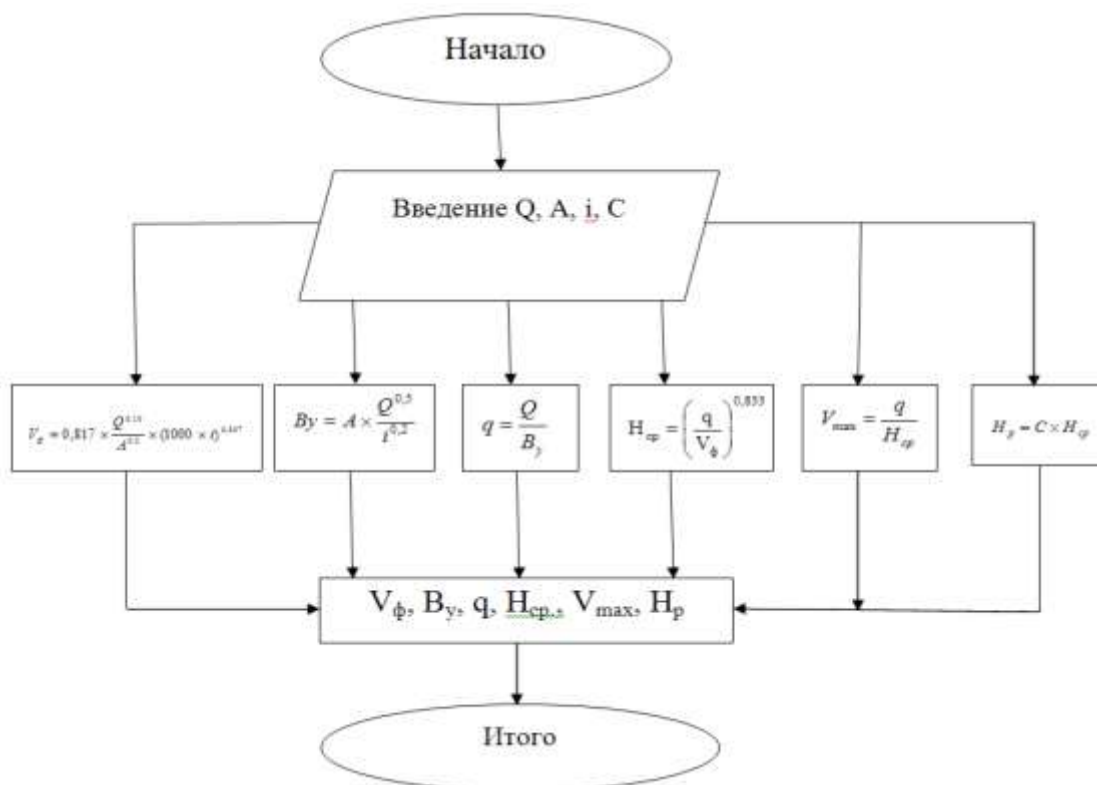
Таблица 3
Table 3

№ п\п	Наименование видов работ	Ед. изм.	Кол-во
1	Выемка грунта II - гр. от дна фартука экскаватором в отвал	м ³	1503
2	а) Разработка грунта III - гр. экскаватором с погрузкой на автотранспорт и перевозкой до 4,0км (для насыпа дамбы от дна прокопа).	м ³	5061
3	б) Разработка суглинистого грунта с погрузкой на автотранспорт и перевозкой до 5,0 км (суглинок 10% для насыпа дамбы)	м ³	562
4	Общий объем качественного насыпи с доведением до $P_d=2,1т/м^3$	м ³	5623
5	Планировка напорного откоса дамбы механизированным способом	м ²	5810
6	Подготовка из гравийно-галечникового грунта $t=0,15м с$	м ³	673,4

	фракция 40-50мм, погрузка и перевозка до 1,0км.		
7	Крепление напорного откоса дамбы плитами БП2,0 x 1,0 x 0,20м. (расстояние инертного материала от карьера до места изготовления бетонный плит 4,0км).	м ³	1134
8	А) Арматура А-I, d=6мм	тон	2,296
9	Б) Арматура А-II, d=10мм	тон	13,46
10	В) Закладные детали (петли А-I, d=10мм)	тон	9,787
11	Вязального проволока В1, d=1,2мм.	тон	0,040
12	Электрод d=3,0мм. ГОСТ9466-75 (для сварки петли БП.2,0x1,0x0,20м)	тон	0,172
13	Соединение плит металлическими кольцами К1 из А-I, d=12мм	тон	1,456
14	Электрод d=3,0мм. ГОСТ9466-75 (для сварки кольца)	тон	0,047
15	Бетонировка места соединение плит бетонный раствором, М150, В10.	м ³	7,28
16	Крепление дно фартука дамбы в виде призмы избетонные кубиков БК0,5 x 0,5 x 0,5м(расстояние инертного материала от карьера до места изготовления бетонный кубиков 4,0км).	м ³	2179
17	а) Закладные детали (подъемный петли . А-I d=18мм)	тон	38,42
18	Трос для соединения блоков ББ.0,5x0,5x0,5м между собой d =16мм. (1копл=6шт; тросс на 1-копл=3,9м)	тон	11,613
19	Хомут для обвязки тросов при соединения блоков	шт	11620
20	<i>Прокоп для отвода воды L=376м.</i>		
21	Разработка грунта II - гр. экскаватором в отвал (от дна прокопа).	м ³	9518
22	Перемещением грунта II - гр. бульдозером на расстояние до 10м (от дна прокопа).	м ³	14278
23	<i>Перемычка для отвода воды L=173м.</i>		
24	Разработка грунта III - гр. экскаватором с погрузкой на автотранспорт и перевозкой до 4,0км (для насыпа перемычки).	м ³	4034
25	Насып с доведением до Pd=1,95т/м ³	м ³	4034
26	Укладка заполненные мешки на тело временный дамбы (перемычка для временный отвода воды).	м ³	865

Программная реализация. В 50-е годы прошлого столетия основными инструментами инженера были калькулятор и чертёжная доска. Вычисление расчётов занимало много рабочего времени. На сегодняшний день, возможности компьютера позволяют использовать его как средство автоматизации инженерной работы. Используя свои 1000-летние знания, человек создал много пакет программ. В основном этими пакетами пользуются инженеры. К этим пакетам относятся matlab, mathcad, seilab и другие. Однако, для решения (вычисления) сложных расчётов, требуется составить специальные отраслевые программы. Данный алгоритм можно применить (реализовать) и для других объектов. Математические расчёты проведенные в статье основываются на основе ниже приведённой блок-схемы

Блок-схема



Ниже в таблице 4 приведены основные формулы гидравлических расчётов русел реки, вычисленные в блок-схеме.

Таблица 4
Table 4

№ п/п	Наименование показателя русла	Расчетные формулы при $\alpha=1/5$	Результат вычисления
1	Руслоформирующая скорость, м/сек.	$V_{\phi} = 0,817 \times \frac{Q^{0.10}}{A^{0.2}} \times (1000 \times i)^{0.307}$	Имеются в статье
2	Устойчивую ширину русла реки (Гостунского), м	$B_y = A \times \frac{Q^{0.5}}{i^{0.2}}$	Имеются в статье
3	Удельный расход потока воды на 1 п.м., м ³ /сек.п.м	$q = \frac{Q}{B_y}$	Имеются в статье
4	Средняя глубина потока воды, м	$H_{\phi} = \left(\frac{q}{V_{\phi}} \right)^{0.833}$	Имеются в статье
5	Максимальную скорость потока, м ³ /сек.	$V_{\max} = \frac{q}{H_{\phi}}$	Имеются в статье
6	Глубина местного размыва, м	$H_p = C \times H_{\phi}$	Имеются в статье

Заключение. В статье применена новый алгоритм для вычисления расходных материалов берего-укрепительным работам. В качестве примера выбрана р. Кызылсу Восейского района Хатлонской области. Предложенный алгоритм реализовано на языке Java.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановления правительства Республики Таджикистан от 31 мая 2018г., №285.
2. Алтуниин С.Т. Регулирование русел/ С.Т. Алтуниин. – Москва: Сельхозгиз. - 1962. – 248 с.
3. Артамонов К.Ф. Регулировочные сооружения и работы на реках в предгорных районах / К.Ф. Артамонов. Фрунзе.– 1957. – 321 с.
4. Fathulloev N. I., Arabov M. K. Package of programs on automation of hydraulic accounting of hydraulic structures and determination of the amount of material consumption. Certification about registration of science Literature and art works. From 15 July 2020 №97
5. Корюкин С.Н. Регулирование русел рек в мелиоративных целях / С.Н. Корюкин. - М.: Колос. -1992. – 248 с.
6. Справочник по гидротехнике. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре. Москва. -1955. – 858 с.
7. Исмагилов Х.А. Селевые потоки, русловые процессы, противоселевые и противопаводковые мероприятия в Средней Азии / Х.А. Исмагилов. – Ташкент. 2006. – 262 с.
8. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне / Н.И. Маккавеев.-М. Изд-во АН СССР.– 1955. –347 с.
9. Попов И. В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство / И.В. Попов. -Л.: Гидрометеиздат.– 1965. –328 с.
10. Алтуниин С.Т. Защита берегов от размыва / С.Т. Алтуниин. Ташкент. – 1939. – 274 с.
11. Виноградов Ю. Б., Виноградова Т. А. Математическое моделирование в гидрологии. М.: Академия, 2010. 304 с.
12. Виноградов Ю. Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 312 с.
13. Замарин Е.А., Фандеев В.В. Гидротехнические сооружения. – М.: Сельхозгиз, 1954.
14. Евстигнеев В.М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во МГУ, 1990. 304 с.
15. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы/ Н.И.Маккавеев, Р.С. Чалов. - М.: Изд. МГУ, 1986. 264 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Decree of the Government of the Republic of Tajikistan dated May 31, 2018, No. 285.
2. Altunin S.T. Regulation of channels / S.T. Altunin. - Moscow: Selkhozgiz. - 1962. - 248 p.
3. Artamonov K.F. Regulatory structures and work on rivers in the foothill areas / K.F. Artamonov. Frunze. - 1957. - 321 p.
4. Fathulloev N. I., Arabov M. K. Package of programs on automation of hydraulic accounting of hydraulic structures and determination of the amount of material consumption. Certification about registration of science Literature and art works. From 15 July 2020 №97
5. Koryukin S.N. Regulation of river channels for reclamation purposes / S.N. Koryukin. - M.: Kolos. -1992. - 248 p.
6. Reference book on hydraulic engineering. State publishing house of literature on construction and architecture. Moscow. -1955. - 858 p.
7. Ismagilov Kh.A. Mudflows, channel processes, anti-mudflow and flood control measures in Central Asia / Kh.A. Ismagilov. - Tashkent. 2006. - 262 p.
8. Makkaveev NI River bed and erosion in its basin / N.I. Makkaveev.-M. Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR. – 1955. – 347 p.
9. Popov IV Deformations of river channels and hydraulic engineering construction. Popov. -L. : Gidrometeoizdat. - 1965. –328 p.
10. Altunin S.T. Protection of banks from erosion / S.T. Altunin. Tashkent. - 1939. – 274 p.
11. Vinogradov Yu. B., Vinogradova TA Mathematical modeling in hydrology. Moscow: Academy, 2010. – 304 p.
12. Vinogradov Yu. B. Mathematical modeling of runoff formation processes. L. : Gidrometeoizdat, 1988. – 312 p.
13. Zamarin E.A., Fandeev V.V. Hydraulic structures. - M. : Selkhozgiz, 1954.
14. Evstigneev V.M. River runoff and hydrological calculations. Moscow: MSU Publishing House, 1990. – 304 p.
15. Makkaveev N.I., Chalov R.S. Channel processes / N.I. Makkaveev, R.S. Chalov. - M. : Ed. Moscow State University, 1986. – 264 p.

АВТОМАТИЗАТСИЯКУНОНИИ КОРҲОИ СОҲИЛМУСТАҲКАМКУНИИ САД ДАР ДАРӢИ ҚИЗИЛСУИ НОҲИЯИ ВОСЕЪ

Дар ин мақола автоматизатсиякунонии сад дар қитъаи хавфноки дарёи Қизилсуи ноҳияи Восеи вилояти Хатлон омӯхта шудааст. Бо назардошти мавқеи ҷуғрофии Тоҷикистон соҳилмустваҳкамкунии дарёҳо масъалаи мубрам ва рӯзмарра ба шумор меравад. Дар сурати мустваҳкам набудани соҳилҳо дар минтақаҳои наздисоҳилӣ офатҳои табиӣ ба вучуд меоянд ва қитъаҳои гуногун метавонанд аз даст равад. Дар аксари давлатҳои микдори зиёди дарёҳо мавҷуданд, ба ин масъала аҳамияти ҷиддӣ дода мешавад. Масъалаи асосии дар мақола омӯхташаванда ҳисоб намудани масолеҳе мебошад, ки барои мустваҳкам намудани соҳилҳо истифода мешаванд. Дастаи нави барномаҳои сохта шудаанд, ки кори муҳандисонро осон менамоянд. Ин дастаи барномаҳо бо назардошти формулаҳои ҳисоби гидравликӣ масрафи масолеҳро муайян мекунад. Дастаи барномаҳои сохташуда барои

барқарорсозии садди муҳофизатӣ аз тарафи чап ва рости дарёи Қизилсу дар минтақаи деҳаи Сари Паром ва резишгоҳи дарёҳои Яхсу ва Қизилсу сохта шуда, метавон онро барои автоматизатсиякунонии корҳои соҳилмустаҳкамкунии дигар дарёҳои Тоҷикистон низ истифода кард. Бо истифода аз алгоритми мазкур метавон дастаи барномаҳоеро таҳия намуд, ки барои ҳисоби масрафи масолеҳи сохтмони садди нуругоҳҳо истифода мешавад.

Калидвожаҳо: Сад, обхезӣ, эрозия, автоматикакунонӣ, чуқурии эҳтимолӣ, ҳисоби гидравлиқӣ, соҳилмустаҳкамкунӣ.

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ И БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДАМБ РЕКИ КЫЗЫЛСУ ВОСЕЙСКОГО РАЙОНА

В работе изучена автоматизация дамбы на опасном участке реки Кызылсу Восейского района, Хатлонской области. При реализации берегоукрепительных работ горных рек, снижается риск смывания плодотворных земель. Во многих горных странах выделяют особое внимание данной тематике. Основной акцент в статье дается расчету расходных материалов берегоукрепительным работам. Построено новый пакет программ для автоматического вычисления расхода материалов. Данный пакет для берегоукрепительных работ дамб реки Кызылсу Восейского района, но можно реализовать в различных регионах Республики Таджикистан. Оно облегчает работу инженеров. Использован современный язык программирования C++. На основе данного алгоритма авторы получили новый патент. В дальнейшем используя этот алгоритм можно составить программу для вычисления расходных материалов дамб различных ГЭС-ов.

Ключевые слова: дамба, паводки, эрозия, автоматизация, глубина размыва, гидравлические расчёт, берегоукрепление.

AUTOMATION AND BANK PROTECTION WORKS OF DAMS OF THE KYZYLSU RIVER, VOSE DISTRICT, KHATLON REGION

The work examines the automation of a dam on a dangerous section of the Kyzylsu river, Vose district, Khatlon region. With the implementation of bank protection works of mountain rivers, the risk of washing away of fertile lands is reduced. In many mountainous countries, special attention is paid to this topic. The main emphasis in the article is given to the calculation of consumables for shore protection works. A new software package has been built for the automatic calculation of material consumption. This package is for the bank protection works of the Kyzylsu river dams in the Vose district, but it can be implemented in different regions of the Republic of Tajikistan. It makes the job of engineers easier. Modern programming language Java is used. On the basis of this algorithm, the authors received a new patent.

Keywords: dams, floods, erosion, automation, erosion depth, hydraulic calculation, bank protection.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Фатхуллоев Нарзулло Исроқович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ходими хурди Институти илмӣ-таджикотӣ. Суроға: 734025, Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** narzullo7570@mail.ru. Тел.: (992) 905 75 71 17.

Арабов Муллошараф Курбонович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, н.и.т., ходими калони илми Институти илмӣ-таджикотӣ. Суроға: 734025, Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** cool.araby@mail.ru. Телефон: (992) -907-38-00-99

Сведение об авторах: *Фатхуллоев Нарзулло Исроқович* – Таджикский национальный университет, младший научный сотрудник Научного исследовательского института. **Адресс:** 734025, Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17. **E-mail:** narzullo7570@mail.ru. Тел.: (992) 905 75 71 17.

Арабов Муллошараф Курбонович – Таджикский национальный университет, к.ф.м.н., старший научный сотрудник Научного исследовательского института **Адресс:** 734025, Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17. **E-mail:** cool.araby@mail.ru. Телефон: (992) 907 38 00 99

Information about the authors: *Fathulloev Narzullo Ishokovich* – Tajik National University, the research worker of the Research institute. **Address:** 734025, Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Email:** narzullo7570@mail.ru. Phone: (992) 905 75 71 17

Arabov Mullosharaf Kurbonovich – Tajik National University, Senior Research Fellow, Scientific Research Institute. **Address:** 734025, Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** cool.araby@mail.ru. Phone: (992)-907-38-00-99

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ КОНСТРУКЦИЙ СОЛНЕЧНОГО АДСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНИКА В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Джафаров А.С.¹, Мирзоев И.Н.², Ибронов С.Д.²,
Каюмова Х.И.¹, Бахтовари У.², Кобули З.В.²*

¹Технологический университет Таджикистана,

²Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана

Для анализа конструктивных параметров и работы солнечного холодильника в различных условиях целесообразно определение закона изменения температуры в холодильной камере в условиях прерывистого отвода тепла и периодических колебаний температуры воздуха на её наружной поверхности.

Температура наружного воздуха и холодопроизводительность солнечного холодильника, которые определяют температурные условия холодильной камеры, являются периодическими функциями времени, поэтому изменение температуры воздуха внутри камеры целесообразно искать в виде гармонического ряда Фурье [1-3]:

$$t_B = t_{B0} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(x_k \cos k \frac{2\pi\tau}{z} + y_k \sin k \frac{2\pi\tau}{z} \right), \quad (1)$$

где k - целочисленная переменная; τ - время; z - длительность рабочего цикла солнечного холодильника; t_{B0} , x_k , y_k - средняя температура и коэффициенты ряда, определяемые в ходе решения.

Результаты экспериментальных исследований суточного изменения холодопроизводительности и температурного режима солнечного холодильника марки ХАБ-120 является свидетельством периодического изменения температурных показателей, приведённых на рис. 1.

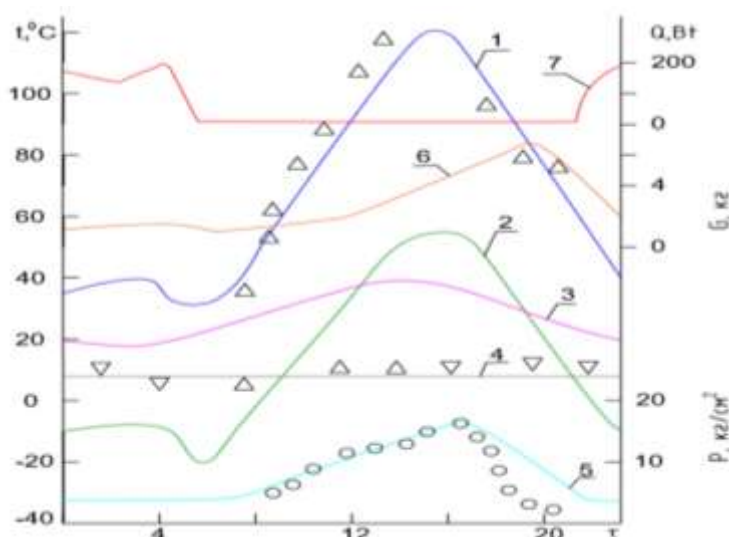


Рис. 1. Суточные изменения холодопроизводительности и температурный режим солнечного холодильника марки ХАБ-120 / Daily changes in refrigerating capacity and temperature regime of the XAB-120 solar refrigerator: 1 - температура генератора; 2 - температура фазового перехода хладагента; 3 - температура наружного воздуха; 4 - температура холодильной камеры; 5 - давление в генераторе; 6 - масса жидкого хладагента; 7 - холодопроизводительность установки (точками показаны экспериментальные данные).

Fig. 1. Daily changes in refrigerating capacity and temperature regime of the XAB-120 solar refrigerator: 1 - generator temperature; 2 - temperature of the phase transition of the refrigerant; 3 - outside air temperature; 4 - temperature of the refrigerating chamber; 5 - pressure in the generator; 6 - mass of liquid refrigerant; 7 - refrigeration capacity of the installation (dots show experimental data).

Благодаря возможности описания гармонических функций с помощью комплексного числа i соотношение (1) приводится к виду

$$t_B = t_{B0} + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{Bk} e^{k \frac{2\pi\tau}{Z} i}, \quad (2)$$

где θ_{Bk} - амплитудно-фазовые характеристики k -й гармонической составляющей температуры в которая связана с коэффициентами ряда Фурье

$$\theta_{Bk} = x_k - iy_k. \quad (3)$$

В предположении, что температура воздуха в холодильной камере имеет незначительные флуктуации по ее объему, для внутреннего пространства холодильной камеры можно записать уравнение теплового баланса:

$$\alpha_B F_{\text{шк}} (t_c - t_B) = \rho C_p V_{\text{шк}} \frac{dt_B}{dt} + Q + \alpha_{\text{п}} f_{\text{п}} (t_B - t_{\text{п}}) \quad (4)$$

Здесь α - коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности ограждений холодильной камеры; t_c , $F_{\text{шк}}$ - температура и площадь внутренней поверхности камеры; ρ , C_p , $V_{\text{шк}}$ - плотность, удельная теплоемкость и объем воздуха в камере; Q - холодопроизводительность солнечного холодильника; $\alpha_{\text{п}}$, $t_{\text{п}}$, $f_{\text{п}}$ - коэффициенты теплоотдачи, температура и площадь наружной поверхности продуктов, расположенных в камере холодильника.

В связи с периодическим характером изменения холодопроизводительности холодильника и температуры наружного воздуха, температуры t_c и $t_{\text{п}}$ будут являться также периодическими функциями времени, причем колебания этих температур можно описать зависимостями, аналогичными формуле (2):

$$t_c = t_{c0} + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{ck} e^{k \frac{2\pi\tau}{Z} i}, \quad (5)$$

$$t_{\text{п}} = t_{\text{п}0} + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{\text{п}k} e^{k \frac{2\pi\tau}{Z} i}, \quad (6)$$

где t_{c0} , $t_{\text{п}0}$, θ_{ck} , $\theta_{\text{п}k}$ - средние значения и амплитудно-фазовые характеристики k -х гармонических составляющих соответствующих температур.

Температуру наружного воздуха $t_{\text{н}}$ и холодопроизводительность солнечного холодильника, изменение которой может быть определено в течение рабочего цикла по описанной методике, можно представить аналогично формуле (6):

$$t_{\text{н}} = t_{\text{н}0} + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{\text{н}k} e^{k \frac{2\pi\tau}{Z} i}; \quad (7)$$

$$Q = Q_0 + \sum_{k=1}^{\infty} Q_k e^{k \frac{2\pi\tau}{Z} i}; \quad (8)$$

где $\theta_{\text{н}k} = a_k - ib_k$, $Q_k = c_k - id_k$; $t_{\text{н}0}$, Q_0 - средние значения температуры наружного воздуха и холодопроизводительности солнечного холодильника; a_k , b_k , c_k , d_k - коэффициенты ряда Фурье, которые определяются посредством гармонического анализа функций $t_{\text{н}}$ и Q .

Подстановка в уравнение (4) зависимостей (5), (6), (8) при последующем выделении постоянных и переменных составляющих приводит к уравнениям:

- для средних значений тепловых потоков -

$$Q_0 = \alpha_B F_{\text{шк}} (t_{c0} - t_{Bc}), \quad (9)$$

- для амплитудно-фазовых характеристик

$$\alpha_B F_{\text{шк}} (\theta_{ck} - \theta_{Bk}) = \rho C_p V_{\text{шк}} K \frac{d\pi_i}{Z} \theta_{Bk} + \alpha_{\text{п}} f_{\text{п}} (\theta_{t_k} - \theta_{\text{п}k}). \quad (10)$$

По уравнению (9) определяем постоянную составляющую теплового потока, поступающего во внутренний объем холодильника через ограждения холодильной камеры. Выразив в этом уравнении тепловой поток через теплопроводимость ограждений камеры $K_{шк}$, $F_{шк}$ и решив его относительно $t_{вс}$, получим

$$t_{в0} = t_{н0} - \frac{Q_0}{K_{шк}F_{шк}}. \quad (11)$$

Уравнение (10) связывает амплитудно-фазовые характеристики гармонических составляющих температур и холодопроизводительности холодильника. Для получения из этого уравнения зависимости для определения значений $\theta_{вк}$ необходимо предварительно найти связь $\theta_{вк}$ с амплитудно-фазовыми характеристиками $\theta_{ск}$ и $\theta_{пк}$. Связь $\theta_{вк}$ с $\theta_{ск}$ следует из уравнения нестационарной теплопроводности, записанного для ограждения холодильной камеры. Конструкция ограждений холодильной камеры обычно представляет собой трехслойную стенку (рис. 2), внутренний слой которой является теплоизоляционным, а наружные выполняются из листовой стали незначительной толщины и служат для предохранения теплоизоляционного слоя.

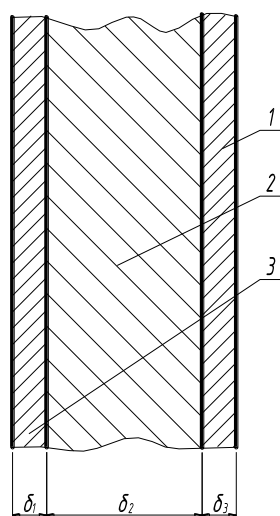


Рис. 2. Конструктивная схема ограждения камеры холодильника / Structural diagram of the limitation of the refrigerator chamber:
1, 3 - наружные металлические слои; 2 - теплоизоляционный слой
Fig. 2. Structural diagram of the limitation of the refrigerator chamber:
1, 3 - outer metal layers; 2 - heat-insulating layer

В предположении, что наружные слои ограждений холодильной камеры имеют незначительное тепловое сопротивление по сравнению со слоем теплоизоляции и влияют на процесс нестационарной теплопередачи только благодаря своей теплоемкости, уравнение теплопроводности и граничные условия применительно к данной конструкции ограждения будет иметь вид, приведённый в работе [2], из которых связь с $\theta_{вк}$ и $\theta_{нк}$ определяется следующим соотношением (согласно анализа зависимостей для амплитудно-фазовых характеристик на наружных поверхностях различных по конструкции ограждений, который показал, что для ограждений любой конструкции амплитудно-фазовые характеристики можно представить в таком виде):

$$\theta_{ск} = \frac{\theta_{нк} + \frac{Bi_{2в}}{Bi_{2н}} \varepsilon_k \theta_{вк}}{\mu_k}. \quad (12)$$

Коэффициенты ε_k , μ_k рассчитываются по формулам, приведенным в таблице.

Соотношение $\theta_{пк}$ с $\theta_{вк}$ определяется по уравнению теплового баланса для продуктов, расположенных в холодильнике:

$$\alpha_{п} f_{п} (t_{в} - t_{у}) = C_{п} m_{п} \frac{dt_{п}}{d\tau}; \quad (13)$$

где $C_{п}$ - средняя удельная теплоемкость продуктов; $m_{п}$ - масса продуктов расположенных в холодильной камере.

Подстановка в уравнение (3) температуры $t_{п}$ в виде (6) и его решение приводит к зависимости для $\theta_{пк}$:

$$\theta_{пк} = N_k \theta_{вк}, \quad (14)$$

где

$$N_k = 1/(1 + Pd_k/Bi_n); Pd_k = \frac{2\pi(\frac{m_n}{\rho_n f_n})^2}{(z/k)\alpha_n}; Bi_n = \frac{\alpha_n m_n}{\rho_n f_n \lambda_n}.$$

здесь ρ_p - средняя плотность продуктов; λ_n - средний коэффициент теплопроводности продуктов; a_n - средний коэффициент температуропроводности продуктов.

Подстановка соотношений (12) и (14) в уравнение (10) и последующее решение его относительно θ_{vk} позволяет получить зависимость для определения k -й амплитудно-фазовой характеристики температуры воздуха в холодильной камере:

$$\theta_{vk} = \frac{\alpha_v F_{шк} \frac{\theta_{nk}}{\mu_k} - Q_k}{\rho C_p V_{шк} \frac{2\pi}{z} i + \alpha_v F_{шк} \left(1 - \frac{Bi_{2v} \varepsilon_k}{Bi_{2n} \mu_k}\right) + \alpha_n f_n (1 - N_k)} \quad (15)$$

Значения амплитудно-фазовых характеристик θ_{vk} , которые в общем случае являются комплексными числами, позволяют с помощью соотношения (3) определить искомые коэффициенты ряда (1)

$$x_k = Re(\theta_{vk}); y_k = -Im(\theta_{vk}),$$

где $Re(\theta_{vk})$ - действительная часть амплитудно-фазовой характеристики θ_{vk} ; $Im(\theta_{vk})$ - коэффициент при мнимой части амплитудно-фазовой характеристики θ_{vk} .

Расчет средней температуры и амплитудно-фазовых характеристик по полученным зависимостям сводится к алгебраическим действиям над действительными и комплексными числами.

Таблица – Формулы для определения коэффициентов ε_k и μ_k

Вид конструкции ограждения	Bi	ε_k	μ_k
Металлические стенки нетеплоизолированных ограждений	Bi < 0,1	1	$1 + \frac{Bi_B}{Bi_H} + \frac{Pd_k}{Bi_H} i$
Стенки неметаллических ограждений из однородного материала	Bi > 0,1	$ch\sqrt{Pd_k i} + \frac{Bi_H}{\sqrt{Pd_k i}} sh\sqrt{Pd_k i}$	$\left(1 + \frac{Bi_B}{Bi_H}\right) ch\sqrt{Pd_k i} + \left(\frac{\sqrt{Pd_k i}}{Bi_H} + \frac{Bi_B}{\sqrt{Pd_k i}}\right) sh\sqrt{Pd_k i}$
Стенки ограждений теплоизолированные с наружной стороны	Bi1 < 0,1 Bi2 > 0,1	$ch\sqrt{Pd_{2k} i} + \frac{Bi_{2H}}{\sqrt{Pd_{2k} i}} sh\sqrt{Pd_{2k} i}$	$\left[1 + \frac{Bi_{2B}}{Bi_{2H}} \left(1 + \frac{Pd_{1k}}{Bi_{1B}} i\right)\right] ch\sqrt{Pd_{2k} i} + \left[\frac{\sqrt{Pd_{2k} i}}{Bi_{2H}} + \frac{Bi_{2B}}{\sqrt{Pd_{2k} i}} \left(1 + \frac{Pd_{1k}}{Bi_{1B}} i\right)\right] sh\sqrt{Pd_{2k} i}$
Стенки ограждений теплоизолированные с внутренней стороны	Bi1 > 0,1 Bi2 < 0,1	$ch\sqrt{Pd_{1k} i} + \frac{Bi_{1H}}{\sqrt{Pd_{1k} i}} \left(1 + \frac{Pd_{2k}}{Bi_{2H}} i\right) sh\sqrt{Pd_{1k} i}$	$\left(1 + \frac{Pd_{2k}}{Bi_{2H}} i + \frac{Bi_{1B}}{Bi_{1H}}\right) ch\sqrt{Pd_{1k} i} + \left[\frac{\sqrt{Pd_{1k} i}}{Bi_{2H}} + \frac{Bi_{1B}}{\sqrt{Pd_{1k} i}} \left(1 + \frac{Pd_{2k}}{Bi_{2H}} i\right)\right] sh\sqrt{Pd_{1k} i}$
Стенки ограждений с внутренним слоем теплоизоляции	Bi1 < 0,1 Bi2 > 0,1 Bi3 < 0,1	$ch\sqrt{Pd_{2k} i} + \frac{Bi_{2H}}{\sqrt{Pd_{2k} i}} \left(1 + \frac{Pd_{3k}}{Bi_{3H}} i\right) sh\sqrt{Pd_{2k} i}$	$\left[\left(1 + \frac{Pd_{3k}}{Bi_{3H}} i\right) + \frac{Bi_{2B}}{Bi_{2H}} \left(1 + \frac{Pd_{1k}}{Bi_{1B}} i\right)\right] ch\sqrt{Pd_{2k} i} + \left[\frac{\sqrt{Pd_{2k} i}}{Bi_{2H}} + \frac{Bi_{2B}}{\sqrt{Pd_{2k} i}} \left(1 + \frac{Pd_{1k}}{Bi_{1B}} i\right)\right] \left(1 + \frac{Pd_{3k}}{Bi_{3H}} i\right) sh\sqrt{Pd_{2k} i}$

Примечание: $Bi_{jH} = \frac{\alpha_H \delta_j}{\lambda_j}$,

$Pd_{jk} = \frac{2\pi \delta_j^2}{(z/k) a_j}$

Легко определить, что гармонический ряд (1) должен иметь столько гармонических составляющих, сколько их содержится в гармонических рядах, описывающих изменение функций t_n и Q . Практика гармонического анализа прерывистой функции холодопроизводительности солнечного холодильника показывает, что с погрешностью не более 5% эта функция описывается суммой первых 7-10 членов ряда Фурье [2]. В связи с большим объемом вычислений при таком количестве гармонических составляющих для расчетов температуры в холодильной камере солнечного холодильника целесообразно использовать Персональные компьютеры (ПК).

Анализ влияния закона изменения холодопроизводительности холодильника и его конструктивных параметров на температурный режим в холодильной камере в различных условиях и климатических зонах показывает, что амплитуда колебаний температуры воздуха в камере холодильника с теплопроводимостью в 2,2-2,4 Вт/°С составляет 3-5°С. Амплитуда колебаний температуры t_b определяется в основном законами изменения функций t_n и Q , а также конструктивными параметрами ограждений холодильной камеры и массы продуктов, помещенных в холодильник.

В настоящее время для условий жарких районов страны разработаны и созданы солнечные адсорбционные холодильные установки марки ХАБ-120, позволяющие получать до 10 кг пищевого льда в течение суток [2]. Ведутся также работы по созданию фруктоовощехранилищ с солнечным охлаждением для длительного хранения большого количества фруктов и овощей в условиях Центрально-Азиатского региона [9, 10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ачилов Б.М. Гармонический анализ суточных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации / Б.М. Ачилов, В.В. Чугунков // Гелиотехника. –Ташкент, 1981. - №2. –С.54-59.
2. Ачилов Б.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях и температурный режим низкопотенциальных гелиоустановок / Б.М. Ачилов, В.В. Чугунков / Под ред. Р.А. Зохидова, Бухарский гос. пед. институт им. С. Орджоникидзе. –Ташкент: Фан, 1989. -100 с.
3. Баум В.А. Метод расчета технических характеристик солнечных опреснителей / В.А. Баум, Р. Байрамов, К. Тойлиев // Гелиотехника. -1967. -№5. -С.132-141.
4. Грег С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость // С. Грег, К. Синг.-Москва: МИР, 1984.
5. Исаев А.А. Влияние температуры окружающей среды на производительность солнечной адсорбционной холодильной установки./ А.А. Исаев, И.Ф. Самсон, А.Б. Гаряев // XX Международная конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» М., МЭИ, 2014 г. - С. 125.
6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости/С. Патанкар.- Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
7. Попель О.С. Энергетические показатели солнечного адсорбционного холодильника: оптимальная температура регенерации ISJAEEN / О.С. Попель,
8. Самсон И.Ф. Математическая модель солнечного холодильника адсорбционного типа/ И.Ф. Самсон, Р. Эчарри, М. Вассилева, А. Сартарелли, С. Вэра, Э. Сирулиэс // Шестая Международная школа-семинар молодых ученых и специалистов. Энергосбережение: Теория и практика.- 2012.- С. 347352.
9. Сафаралиев М.Д. Совершенствование элементов технологии и особенности создания оптимального микроклимата для хранения картофеля (для условий Республики Таджикистан) / М.Д. Сафаралиев // Дисс. ... канд. техн. наук. –Душанбе, 2018. – 151 с.
10. Шадиев С. Температурный режим опытного фруктоовощехранилища с солнечным охлаждением / С. Шадиев, В.А. Муминов, Б.М. Ачилов и др. // Гелиотехника. –Ташкент, 1984. -№2. –С.132-136.
11. Brunauer S. Absorption of gases in multimolecular layers / S. Brunauer ,P.H. Emmet, E. Teller.- J. Am. Chem. Soc. № 60, 1938. – P.309-319.
12. Critoph R.E. Possible adsorption pairs for use in solar cooling / R.E. Critoph, R.E. Vogel // Ambient Energy.- 1986.-№ 7 (4). – P.183-90.
13. Jones, J.A. Sorption refrigeration research / J.A. Jones // Heat Recovery Systems.: CHP-1993.-№ 13 (4). – P.363-371.
14. Jones J.A. High efficiency regenerative adsorption heat pump / J.A. Jones, V. Christophilos// ASHRAE Transactions.-1993 - № 99. – P.54-60.

15. Lemini F. Simulation of an adsorptive solar refrigerator operating in Morocco / F. Lemini, F. Meunier // Islamic Academy of Sciences -1990.- №3,4. – P. 273-279.

REFERENCES LITERATURE

1. Achilov, B.M. Harmonic analysis of daily fluctuations in the temperature of the outside air and the intensity of solar radiation / B.M. Achilov, V.V. Chugunkov // *Helioelectronics*. –Tashkent, 1981. –№2. –P.54-59.
2. Achilov, B.M. Heat transfer under periodic thermal influences and temperature conditions of low-potential solar installations / B.M. Achilov, V.V. Chugunkov / Ed. R.A. Zokhidova, Bukhara State ped. Institute named after S. Ordzhonikidze. –Tashkent: Fan, 1989. –100 p.
3. Baum, V.A. Method of calculating the technical characteristics of solar desalination plants / V.A. Baum, R. Bayramov, K. Toiliev // *Helioelectronics*. -1967. -№5. -P.132-141.
4. Safaraliev, M.D. Improvement of technology elements and features of creating an optimal microclimate for storing potatoes (for the conditions of the Republic of Tajikistan) / M.D. Safaraliev // Diss. ... Cand. tech. sciences. -Dushanbe, 2018. – 151 p.
5. Shadiev, S. Temperature regime of an experimental fruit and vegetable storehouse with solar cooling / S. Shadiev, V.A. Muminov, B.M. Achilov et al. // *Helioelectronics*. –Tashkent, 1984. –№2. –P.132-136.
6. Greg, S. Adsorption, specific surface area, porosity // S. Greg, K. Sing.-Moscow: MIR, 1984.
7. Brunauer, S. Absorption of gases in multimolecular layers / S. Brunauer, P.H. Emmet, E. Teller. - J. Am. Chem. Soc. No. 60, 1938. - P.309-319.
8. Samson, I.F. Mathematical model of a solar adsorption refrigerator / I.F. Samson, R. Echarri, M. Vassileva, A. Sartarelli, S. Vera, E. Cirulies // Sixth International School-Seminar for Young Scientists and Specialists. Energy Saving: Theory and Practice. - 2012. - P. 347-352.
9. Patankar S. Numerical methods for solving problems of heat exchange and fluid dynamics / S. Patankar, Moscow: Energoatomizdat, 1984. – 152 p.
10. Isaev A.A. Influence of ambient temperature on the performance of a solar adsorption refrigeration plant. / A.A. Isaev, I.F. Samson, A.B. Garyaev // XX International Conference of Students and Postgraduates "Radioelectronics, Electrical Engineering and Energy" M., MPEI, 2014. - P. 125.
11. Popel, O.S. Energy indicators of solar adsorption refrigerator: optimal temperature of regeneration ISJAEEN / O.S. Popel,
12. Jones, J.A. Sorption refrigeration research / J.A. Jones // *Heat Recovery Systems* .: CHP-1993.-No.13 (4) . - P. 363-371.
13. Jones, J.A. High efficiency regenerative adsorption heat pump / J.A. Jones, V. Christophilos // *ASHRAE Transactions*. 1993 - No. 99. - P. 54-60.
14. Critoph, R.E. Possible adsorption pairs for use in solar cooling / R.E. Critoph, R.E. Vogel // *Ambient Energy*. - 1986. - No. 7 (4). - P. 183-90.
15. Lemini, F. Simulation of an adsorptive solar refrigerator operating in Morocco / F. Lemini, F. Meunier // Islamic Academy of Sciences -1990.- No. 3.4. – P. 273-279.

МОДЕЛИ ТАҲЛИЛИИ МАЙДОНҲОИ ҲАРОРАТИИ КОНСТРУКСИЯҲОИ ЯҲДОНҲОИ АДСОРБСИОНИИ ОҒТОБӢ ДАР ШАРОИТИ ТАЪСИРИ ДАВРИИ ГАРМӢ

Дар мақола масъалаҳои муайян кардани майдони ҳарорати яҳдони адсорбсионии оғтобӣ зери таъсири ҳарорати даврӣ баррасӣ шудаанд. Дар баробари ин, муодилаҳои тақсими ҳарорат дар изолятсияи корпус, коэффисиентҳои гармигузаронӣ ва диффузияи гармии изолятсия ва дигар параметрҳои моддию техники ва хоси яҳдонҳои оғтобӣ тартиб дода шудаанд. Дар маҷмӯъ, модели таҳлилии таъсири қонуни тағйирёбии иқтидори яҳдон ва параметрҳои конструксионии он ба режими ҳарорат дар камераи яҳдон дар шароити мухталиф ва минтақаҳои иқлимӣ нишон медиҳад, ки амплитудай тағйирёбии ҳарорати ҳаво дар камераи яҳдон бо иқтидори интиқоли гармии 2,2-2,4 Вт/°С аз 3-5°С-ро ташкил медиҳад. Амплитудай тағйирёбии ҳарорат t_b асосан бо қонунҳои тағйирёбии функсияҳои t_n ва Q , инчунин, аз рӯи параметрҳои тарҳрезии бадани камераи яҳдон ва массаи маҳсулоти дар яҳдон ҷойгиршуда муайян карда мешавад. Дар айни замон, барои шароити минтақаҳои гарми кишвар блокҳои яҳдони адсорбсионии оғтобии тамғаи НАВ-120 таҳия ва сохта шудаанд, ки имкон медиҳанд дар як шабонарӯз то 10 кг яхи истеъмоли ба даст оварда шавад. Инчунин, корҳо барои бунёди анборҳои меваву сабзавоти бо оғтоб хунуккардашаванда ва барои дарозмуддат нигоҳ доштани миқдори зиёди меваву сабзавот дар минтақаи Осиёи Марказӣ идома доранд.

Калидвожаҳо: иқтидори яҳдон, интиқоли гармӣ, генератори оғтобӣ, адсорбсияи яҳдони оғтобӣ, муодилаи гармӣ, шароити ҳарорат, режими ҳарорат, муқовимати гармӣ, тавозуни гармӣ, радиатсияи оғтоб, эффеқтҳои гармии беруна, иқтидори гармӣ.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ КОНСТРУКЦИЙ СОЛНЕЧНОГО АДСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНИКА В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В статье рассматривается задача определения температурного поля солнечного адсорбционного холодильника при периодических тепловых воздействиях на них. При этом, составленные уравнения распределения температуры в изоляции корпуса, коэффициенты теплопроводности и температуропроводности изоляции и другие материально-технические и свойственные параметры солнечные холодильники. В целом, анализ влияния закона изменения холодопроизводительности холодильника и его конструктивных параметров на температурный режим в холодильной камере в различных условиях и климатических зонах показывает, что амплитуда колебаний температуры воздуха в камере холодильника с теплопроводностью в 2,2-2,4 Вт/°С составляет 3-5°С. Амплитуда колебаний температуры t_b определяется в основном законами изменения функций t_n и Q , а также конструктивными параметрами ограждений холодильной камеры и массы продуктов, помещенных в холодильник. В настоящее время для условий жарких районов страны разработаны и созданы солнечные адсорбционные холодильные установки марки ХАБ-120, позволяющие получать до 10 кг пищевого льда в течение суток. Ведутся также работы по созданию фруктоовошехранилищ с солнечным охлаждением для длительного хранения большого количества фруктов и овощей в условиях Центрально-Азиатского региона.

Ключевые слова: холодопроизводительность, теплопроводимость, солнечный генератор, адсорбционный солнечный холодильник, теплообмен, температурные условия, температурный режим, тепловое сопротивление, тепловой баланс, солнечная радиация, внешнее тепловое воздействие, теплоемкость.

THE ANALYTICAL MODEL OF THE TEMPERATURE FIELD OF THE CONSTRUCTIONS OF A SOLAR ADSORPTION REFRIGERATOR IN THE CONDITIONS OF PERIODIC THERMAL IMPACT

In the article there is considered the task identifying temperature field structures of the solar adsorption refrigerator and the conditions of periodic thermal impact on them. At the same time, drawn up the equations of temperature distribution in the case insulation, the coefficients of thermal conductivity and thermal diffusivity of insulation and other material-technical and inherent parameters of solar refrigerators. Generally, the analysis of the impact of the law of change in the refrigeration capacity of the refrigerator and its constructive parameters in the temperature regime of the refrigerator compartment in various conditions and climate zones show that the amplitude of fluctuations in the air temperature in the refrigerator compartment with a heat permeability rate is 2.2-2.4 W / ° C is 3-5 ° C. The amplitude of temperature fluctuations t_b is mainly determined by the laws of changes in the functions t_n and Q , as well as by the design parameters of the refrigerating chamber fences and the mass of products placed in the refrigerator. At present, for the conditions of hot regions of the country, solar adsorption refrigeration units of the HАВ-120 brand have been developed and created, which make it possible to receive up to 10 kg of food ice per day. Work is also underway to create solar-cooled fruit and vegetable storage facilities for long-term storage of large quantities of fruits and vegetables in the Central Asian region.

Keywords: refrigeration capacity, heat permeability, solar generator, solar absorption refrigerator, heat exchange, temperature condition, temperature regime, heat resistance, heat balance, solar radiation, external heat impact, heat capacity.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Чафаров Аҳрор Сайдолимович* – унвонҷӯи Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. **Суроға:** 734061, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи Н.Қарабоев 63/3. **E-mail:** ahror_j@mail.ru. **Тел.:** 901 22 33 15

Мирзоев Исмадулло Назаралиевич – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айни, 267. **E-mail:** mr.ismatullo@bk.ru. **Тел.:** 900 01 96 96

Ибронов Саидмуҳаммад Давлаталиевич – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айни, 267. **Тел.:** 985 94 39 45

Қаюмова Ҳалима Исмоилхоневна – унвонҷӯи Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. **Суроға:** 734061, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи Н.Қарабоев 63/3. **E-mail:** halima_1@list.ru. **Тел.:** 918 67 03

Бахтовари Умар – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айни, 267. **Тел.:** 907 93 26 93

Кобули Зайналобиддин Вали – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, доктори илмҳои техника, профессор. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айни, 267. **E-mail:** kobuliev@mail.ru. **Тел.:** 934 40 65 06

Сведения об авторах: *Джафаров Ахрор Сайдолимович* – соискатель Технологического университета Таджикистана. **Адрес:** 734061, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н.Карабаева 63/3. **E-mail:** ahror_j@mail.ru. **Тел:** 901-22-33-15

Мирзоев Исмадулло Назаралиевич – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Аини, 267. **E-mail:** mr.ismatullo@bk.ru. **Тел.:** 900-01-96-96

Ибронов Саидмухаммад Давлаталиевич – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Аини, 267. **Тел.:** 985-94-39-45

Каюмова Халима Исмоилхоновна – соискатель Технологического университета Таджикистана. **Адрес:** 734061, Республика Таджикистан, г. Душанбе, улица Н.Карабаева 63/3. **E-mail:** halima_1@list.ru. **Тел:** 918 67 03 60

Бахтовари Умар – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Аини, 267. **Тел.:** 907-93-26-93;

Кобули Зайналбиддин Вали – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, доктор технических наук, профессор. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Аини, 267. **E-mail:** kobuliev@mail.ru. **Тел.:** 934-40-65-06

Information about the authors: *Jafarov Ahror Saydolimovich* - Technological University of Tajikistan, applicant. **Address:** 734061, Republic of Tajikistan, Dushanbe, N. Karabaev street 63/3. **E-mail:** ahror_j@mail.ru. **Phone:** 901-22-33-15

Mirzoev Ismatullo Nazaralievich – researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. **E-mail:** mr.ismatullo@bk.ru. **Phone:** 900-01-96-96

Ibronov Saidmuhammad Davlatalievich – researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. **Phone:** 985-94-39-45

Qayumova Halima Ismoilkhonovna – researcher of the Technological University of Tajikistan. **Address:** 734061, Republic of Tajikistan, Dushanbe, N. Karabaev street 63/3. **E-mail:** halima_1@list.ru. **Phone:** 918 67 03 60

Bakhtovari Umar – researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. **Phone:** 907-93-26-93

Kobuli Zaynalbiddin Vali – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, doctor of technical sciences, professor. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. **E-mail:** kobuliev@mail.ru. **Phone:** 934-40-65-06

УДК:681.513.2

СОЗДАНИЯ МОТИВАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ПРЕДМЕТОВ ИНФОРМАТИКИ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ В СОУАХ, ВУЗАХ НА ПРИМЕРЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++

Одинаев Р.Н., Гафоров З.Б.

Таджикского национального университета

В последние годы в школьном образовании активно воплощается в жизнь идея профильного обучения на старшей ступени. В обучение в школе вводятся различные профили: гуманитарные, естественные, физико-математические. Выбор профиля определяет дальнейшую специфику обучения школьника. Обучение в физико-математическом лицее обуславливает в качестве выбора профильных предметов – математику, физику и информатику. Предмету информатики средних отводится особая роль в силу бурного развития инфокоммуникационных технологий на рубеже XX и XXI веков и их внедрения в образовательный процесс. Компетентность в данной области знаний становится неотъемлемой частью все большего числа профессий, в том числе и напрямую не связанных с информатикой. Современное образование на сегодняшний день просто немыслимо без использования последних достижений науки и техники в области информатики. В связи с этим обучение информатике включено как стандарт в общеобразовательные курсы средней школы. В профильной школе информатику изучают на разных уровнях – от базового до углубленного. Обучение идет от получения и совершенствования навыков работы в области базовых офисных технологий до овладения основами программирования в современных визуальных средах. Физико-математический профиль определяет изучение информатики и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) на углубленном уровне [1],[3],[10],[13-15].

Рассмотрим, какие методологические основания положены в основу для создания мотивации к изучению информатики. Для этого обратимся к понятию о методе в педагогической деятельности. Традиционно метод обучения определяют как способ взаимосвязанной и взаимообусловленной деятельности педагога и обучаемых, направленной на реализацию целей обучения. Или как систему целенаправленных действий педагога, организующих познавательную и практическую деятельность обучаемых и обеспечивающих решение задач обучения.

Моделирование движения можно отнести к наиболее простым видам. Объект будет передвигаться по экрану, если мы его нарисуем, потом сотрем и нарисуем снова, но уже на другом месте. Вопрос только состоит в том, «Как часто надо рисовать?» Оказывается, наш глаз не может видеть объект непрерывно каждую миллионную долю секунды, так как имеется «инерция зрения», из-за наличия которой сетчатка глаза в состоянии транспортировать в центр зрения всего лишь 48 картинок за одну секунду. В кинотеатре нам показывают именно 48 картинок каждую секунду, но из-за экономии киноплёнки показывают не 48 разных кадров, а только 24 разных кадра, для чего каждый кадр показывают дважды. И, коль скоро, цифра «24 кадра» известна всем, кратко опишем так называемый «25-й кадр».

Легенду о «25-кадре» слышали почти все взрослые, но не для того, чтобы знать о нём правду. А чтобы «верить в его существование», ведь вера именно тогда и нужна, когда или, правда не известна, или когда правду скрывают с некоторой вполне определенной, иногда корыстной целью.

А, ведь, спекулятивная, если задуматься, у авторов сайта логика. На сайте утверждается, что при обычном нормальном обучении иностранному языку даже, якобы, у хорошего специалиста с хорошим произношением – учиться долго и трудно, а на их сайте “Благодаря эффекту 25 кадра” вообще ничего не услышишь, но поразительный эффект получишь. То, есть когда обучаешься осознанно, сознательно, когда отчетливо слышишь, подсознание не помогает почему-то?? Но с использованием разработок сайта, за которые нужно заплатить, ничего не услышишь (эффект 25 кадра), но будешь ускоренно накапливать словарный запас при изучении иностранного языка.

Что касается фактической стороны дела, то вот что можно прочитать в Википедии – свободной энциклопедии – о «25-м кадре».

“25-й кадр (сублиминальная реклама, англ. Subliminalmessage) — методика воздействия на сознание и подсознание людей посредством вставки в видеоряд на одном из кадров (или между кадрами) скрытой рекламы. Существуют исследования, доказывающие низкую эффективность или полную неэффективность данной методики. Что касается психологического эффекта, то его наличие ещё в 1958 году было официально опровергнуто Американской психологической ассоциацией. В 1962 году Джеймс Вайкери [автор запатентованной технологии] признал, что его «эксперимент» 1957 года вместе со всей статистикой продаж был искусственно сфабрикован.”

Так что, на самом деле человек видит 48 картинок в секунду, а «25-й кадр» и технологии с его использованием — это для тех, кто правды не знает, правду знать не хочет, но привык «верить».

Из представленного описания следует, что при моделировании движения нет необходимости рисования и быстрой смены огромного множества различных картинок. Можно поступать, как в кино, и показывать только 48 картинок в секунду.

Пример копии экрана, когда в среде BorlandC++ моделируется движение сложного объекта, приведен на рис. 1.

Для создания этой модели мы использовали от меню System два компонента Timer [2],[4-9],[11],[12].

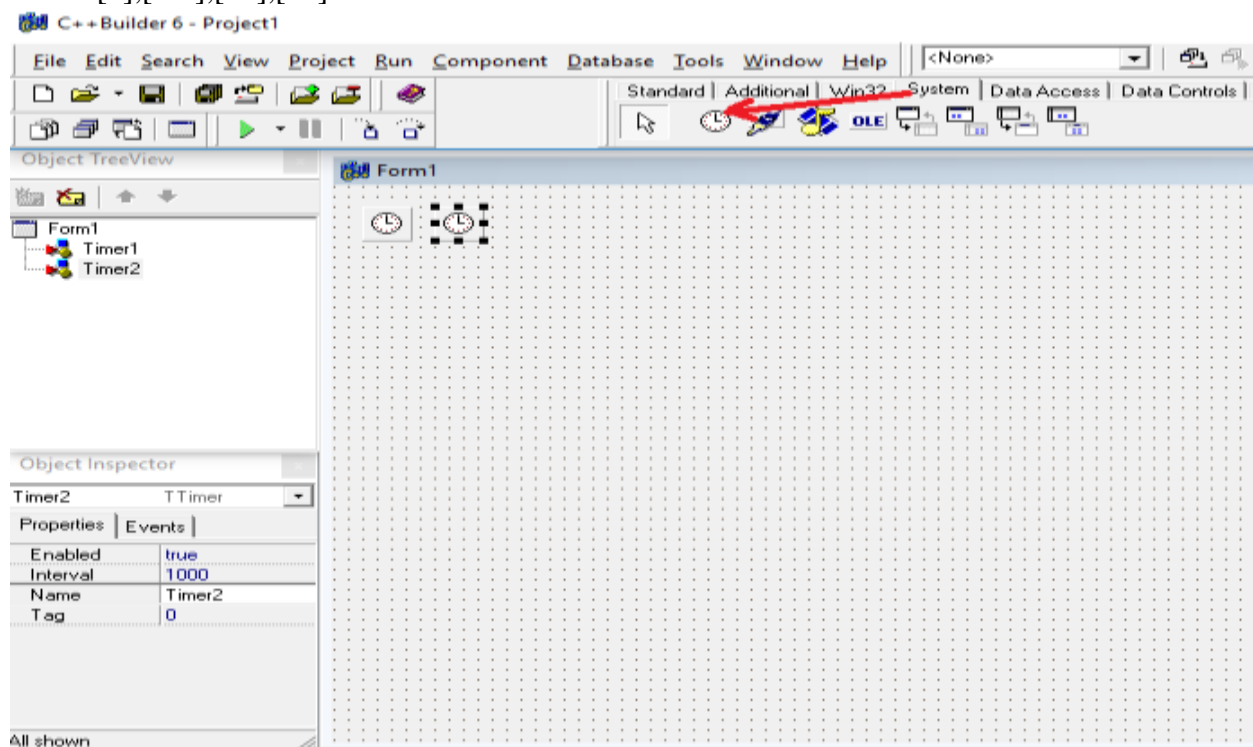


Рис. 1. Добавлений Timer на Form
Fig. 1. Adding Timer to Form

и от меню Additional использовали четыре компонента image, с помощью функции caption название image изменяем на латинские буквы k, b, c, l и с помощью функции picture добавляем картинки на image.

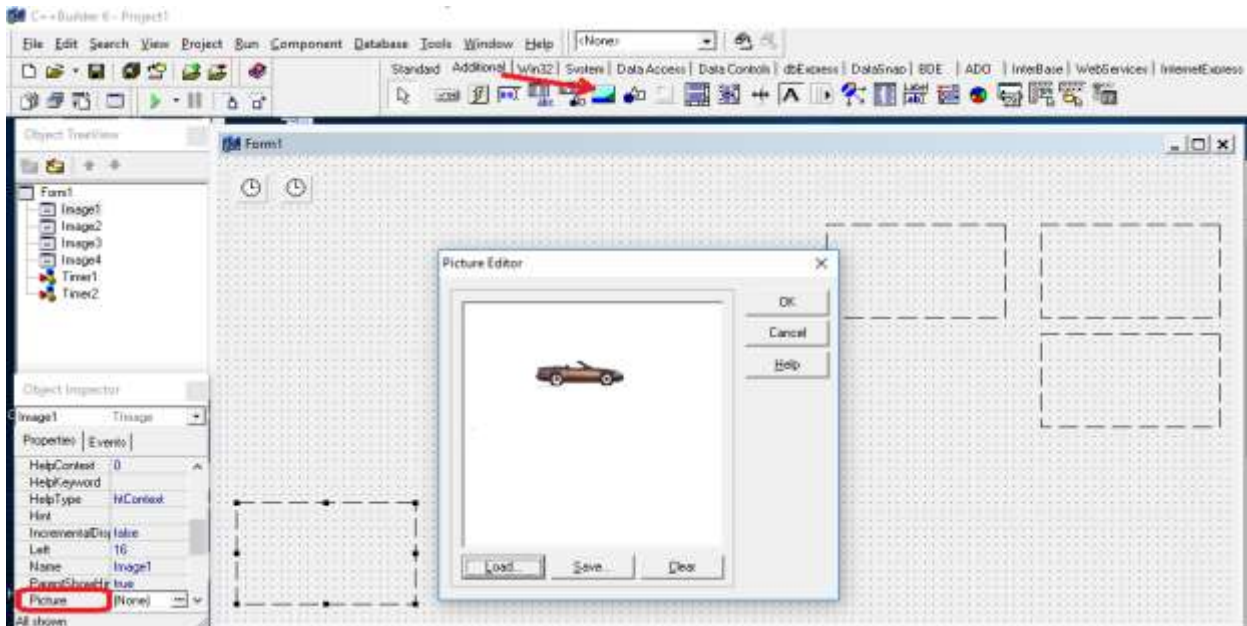


Рис. 2. Добавленный image на Form
Fig. 2. Adding image to Form

Аналогично добавляем картинки на Form за каждый компонент image.

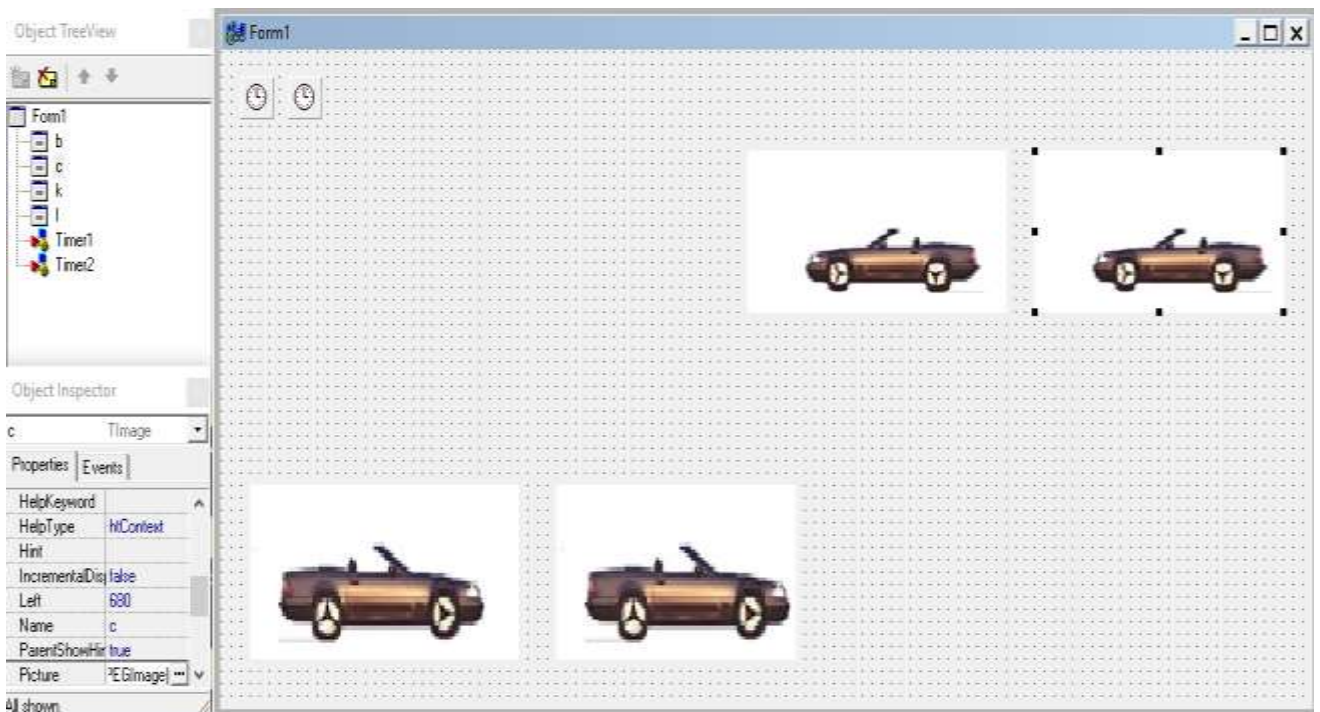


Рис. 3. Добавленный картинки на image
Fig. 3. Adding images to the image

Листинг компонент Timer1

```
b->Left +=x;
l->Left +=y;
if(l->Left-5 <=Shape1->Left ) a->Left +=x;
//if(b->Top-5 <=Shape1->Top ) y=-y;
```

```
if (b->Left+b->Width +5>=Shapel->Width ) k->Left +=y;  
За компонент timer2 запишем такой код.  
c->Left+=y;
```

результат модель

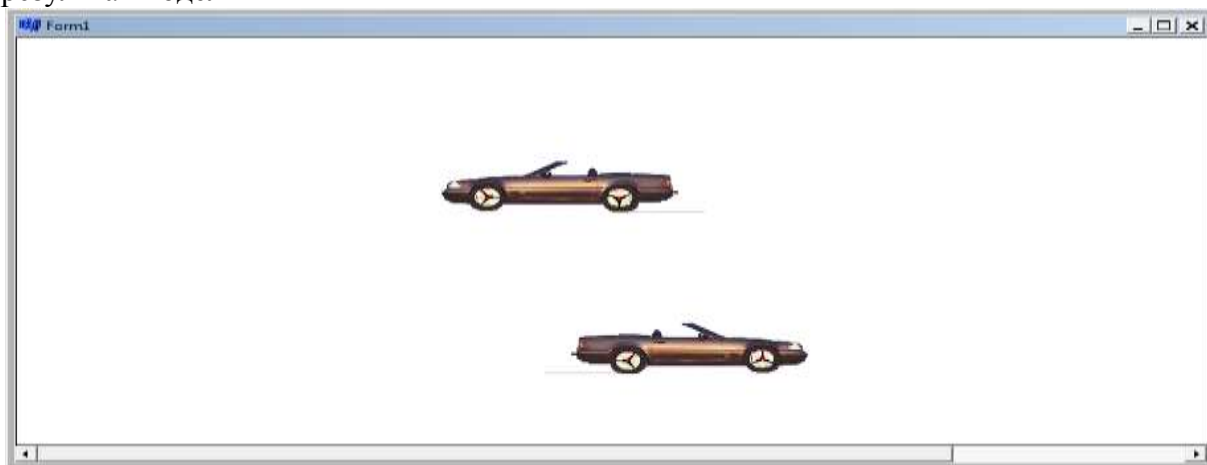


Рис. 4. Моделирование движения
Fig. 4. Simulation of motion

По экрану монитора на рис. 4. с некоторой скоростью едет автомобиль, у которого вращаются колёса. Спицы колёс можно заставить вращаться в ту же сторону, куда едет автомобиль, но можно сделать так, что автомобиль будет двигаться в одну сторону, а спицы будут вращаться в противоположную сторону. Этот неожиданный парадоксальный эффект, любят показывать на экране или по телевидению в разных вариантах, когда показывают движение автомобиля, кареты или, даже, какой-нибудь детской коляски.

Опишем кратко, чему обязан последний эффект. Этот зрелищный номер не цирковой трюк, а рутинная работа нашего глаза, транспортирующего в центр зрения попавшие на сетчатку глаза картинки, в среднем, каждую $1/48$ долю секунды, с одной стороны, и своеобразный резонанс в появлении картинок через $1/48$ долю секунды, с другой стороны. Для понимания ситуации проведем мысленный эксперимент. Представим себе, что мы видим колесо, которое катится вправо. Пусть колесо имеет много совершенно одинаковых спиц. Конечно же, спицы мы увидим вращающимися по часовой стрелке, если их скорость (движения) вращения небольшая. Но, если за $1/48$ долю секунды каждая следующая спица повернется ровно на столько, что окажется на месте находившейся впереди неё спицы, то спицы визуально будут стоять на месте, однако само колесо будет перемещаться.

Нетрудно теперь представить случай, в котором угловая скорость вращения спиц будет совсем немного меньше «резонансной», когда следующая спица через $1/48$ долю секунды лишь немного не дойдет до положения предыдущей спицы: в этом случае мы будем видеть вращение спиц против часовой стрелки, то есть в обратную сторону.

Рассмотрим другой пример, в котором будем использовать изображение, приведенное на рис. 4. Пусть автомобиль, изображенный на рис. 2.14, фактически едет вправо (т.е. задним ходом). Пусть в нулевой момент времени картинка, попавшая на сетчатку глаза, полностью соответствует приведенной на рис.4. Пусть за $1/48$ долю секунды колеса автомобиля не только передвинулись вправо, но и повернулись по часовой стрелке, пусть ровно на 90° . Тогда вертикальная спица левого колеса через $1/48$ долю секунды будет расположена горизонтально (станет смотреть вправо) именно так, как на рис. 4 изображена горизонтальная спица правого колеса. (А ранее расположенная горизонтально спица правого колеса будет уже смотреть вниз, но не о ней речь). Нас интересует, какое движение спиц увидит наш глаз, если он будет

смотреть на вертикальную спицу первого колеса, а за 1/48 долю секунды спица быстро повернется по часовой стрелке на 90°?

Ответ мы найдем тут же, если быстро переведем взгляд с верхней спицы левого колеса на верхнюю часть правого колеса. Вертикально расположенной спицы здесь нет. А ближайшая к вертикали спица наклонена влево на угол 30°. Поэтому в данной ситуации глаз увидит, что вертикальная спица сместилась против хода часовой стрелки на угол 30°. Именно в эту сторону на наших глазах будут двигаться все другие спицы, то есть спицы будут вращаться в обратном направлении.

Однако никакой мысленный эксперимент, или даже, хорошее описание не в состоянии заменить «маленькое кино» и возможность самому программировать различные ситуации. Превращения, происходящие на экране с моделями, завораживают так же, как и происходящее с реальными объектами. Однако на экране монитора компьютера мы видим то, что происходит с уже идеализированным объектом, явление уже представлено в чистом виде – выделено, только существенное.

Компьютерное моделирование позволяет изучать процесс, получать новые сведения, открывать закономерности, лежащие в основе процесса (не только простого, но и сложного, неизвестного ранее или еще не изученного).

ЛИТЕРАТУРА

1. Асеев, В.Г. Мотивация поведения и формирование личности. / В.Г. Асеев. - М.: Мысль, 1976. - 158 с.
2. Браунси К. Основные концепции структур данных и реализация в C++ / К.Браунси, Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2002. – 320 с.
3. Возрастная и педагогическая психология/Под ред. А.В. Петровского. – М., 1981. Мотивация и стимулирование трудовой деятельности; Проспект - Москва, 2012. – 534 с.
4. Дейтел П. Дж. Как программировать на C++. Введение в объектно-ориентированное проектирование с использованием UML /П. Дж. Дейтел, Х.М. Дейтел. Пер. с англ. – М.: Бином, 2002. – 1152 с
5. Козлов С.В. Возможности и особенности построения автоматизированных дидактических систем //С.В. Козлов. Математическая морфология: электронный математический и медико-биологический журнал. – Т. 10. – Вып. 3. – Смоленск: СГМА, 2011.
6. Емельченков Е. П. Информационные системы автоматизированной поддержки инновационной деятельности: модели, проектирование и реализация./Е. П.Емельченков, Д. А.Бояринов, С. В. Козлов– Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2011. – 164 с.
7. Козлов С. В. Вопросы внедрения и использования образовательных автоматизированных систем в учебном процессе /С.В.Козлов. Инфокоммуникационные технологии в региональном развитии: Сборник трудов шестой ежегодной межрегиональной научно-практической конференции. – Смоленск: СПЭК, 2013. – С.129-133.
8. Козлов С.В. Функциональные назначения и возможности информационно-образовательного ресурса «AdvancedTester»/ С. В. Козлов, // Горизонты науки. –2011. –№2 (6). –С. 9–12.
9. Липпман С. Б. Основы программирования на C++. / С. Б.Липпман, Серия C++ InDepth, т. 1 / Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2002. — 256 с., ил.
10. Маслоу А.Г. Мотивация и личность/ А.Г. Маслоу - СПб.: Питер, 2007. – 352 с.
11. Мейерс С. Эффективное использование C++. 50 рекомендаций по улучшению наших программ и проектов/С.Мейерс. Серия для программистов / Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2000. – 240 с.
12. Якобсон П.М. Психологические проблемы мотивации поведения человека / П.М. Якобсон. - М.: Просвещение, 2002.
13. Хуторской А.В. Инновации в общеобразовательной школе/А.В. Хуторской. Методы обучения, Российская Академия образования Москва 2006. - С. 292
14. Хуторская Л.Н., Информационная педагогика/А.В. Хуторской. Интернет-журнал «ЭЙДОС» (лауреат Всероссийского конкурса «ИТ-образование в РУНЕТЕ»), 2005. – С.12
15. Шарипов Ф.Ф. Особенности обучения языкам программирования в образовательных учреждениях Республики Таджикистан/ Ф.Ф.Шарипов, З.Б.Гафоров. Вестник Таджикского национального университета– 2020. – № 4. – С. 161-167.

REFERENCES LITERATURE

1. Aseev, V.G. Behavior motivation and personality formation. / V.G. Aseev. - M.: Mysl, 1976. – 158 p.
2. Brownsea K. Basic concepts of data structures and implementation in C ++ / K. Brownsea, Per. from

- English - M.: Williams, 2002. – 320 p.
3. Age and educational psychology / Ed. A.V. Petrovsky. - M., 1981. Motivation and stimulation of labor activity; Prospect - Moscow, 2012. – 534 p.
 4. Deitel P.J. How to program in C ++. An introduction to object-oriented design using UML / P. J. Deytel, H. M. Deytel. Per. from English - M.: Binom, 2002. -- 1152 s
 5. Kozlov S.V. Possibilities and features of building automated didactic systems // S.V. Kozlov. Mathematical morphology: electronic mathematical and biomedical journal. - T. 10. - Issue. 3. - Smolensk: SGMA, 2011.
 6. Emelchenkov EP Information systems for automated support of innovation: models, design and implementation. / E. P. Emelchenkov, D. A. Boyarinov, S. V. Kozlov - Smolensk: Publishing house of Smol SU, 2011. – 164 p.
 7. Kozlov S. V. Questions of implementation and use of educational automated systems in the educational process / S. V. Kozlov. Infocommunication technologies in regional development: Proceedings of the sixth annual interregional scientific and practical conference. - Smolensk: SPEK, 2013. – P. 129-133.
 8. Kozlov S.V. Functional purposes and capabilities of the information and educational resource "AdvancedTester" / S. V. Kozlov, // Horizons of Science. –2011. –No2 (6). -FROM. – P.9-12.
 9. Lippman S. B. Fundamentals of programming in C ++. / S. B. Lippman, Series C ++ InDepth, vol. 1 / Transl. from English - M.: Williams, 2002. – 256 p., Ill.
 10. Maslow A.G. Motivation and personality / A.G. Maslow - SPb.: Peter, 2007. – 352 p.
 11. Meyers S. Effective use of C ++. 50 recommendations for improving our programs and projects / S. Meyers. Series for programmers /Tra. from English – M. DMK Press, 2000. -- 240 p.
 12. Yakobson P.M. Psychological problems of human behavior motivation / P.M. Jacobson. - M.: Education, 2002.
 13. Khutorskoy A.V. Innovations in a comprehensive school / A.V. Khutorskoy. Teaching methods, Russian Academy of Education Moscow 2006. - P. 292
 14. Farm J.I.H., Information pedagogy / A.V. Khutorskoy. Internet magazine "EIDOS" (laureate of the All-Russian competition "IT education in RUNET"), 2005. - P.12
 15. Sharipov F.F. Features of teaching programming languages in educational institutions of the Republic of Tajikistan / FF Sharipov, Z.B. Gaforov. Bulletin of the Tajik National University - 2020. - № 4. - P. 161-167.

ҲАВАСМАНДГАРДОНӢ БА ОМУӢЗИШИ ФАНҲОИ ИНФОРМАТИКА ВА БАРНОМАСОӢӢ ДАР МТМУ, МТО БО МИСОЛИ МОДЕЛИ КОМПЮТЕРИИ ХАРАКАТИ МОШИНҲО ДАР ЗАБОНИ БАРНОМАСОӢӢИ «С ++»

Қариб дар ҳама илмҳои табиати зинда ва ғайри зинда дар бораи ҷомеа сохтан ва истифодаи моделҳо воситаи тавонои донишанд. Ашӯ ва равандҳои воқеӣ он қадар гуногунҷабха ва мураккабанд, ки усули беҳтарини омӯзиши онҳо аксар вақт сохтани моделест, ки танҳо як ҷанбаи воқеиятро инъикос мекунад, аз ин рӯ, нисбат ба ин воқеият ҷандин маротиба нисбат ба моделӣ дар ибтидо тадқиқшаванда содатар аст. Таҷрибаи ҷандинасраи рушди илм самаранокии ин равишро дар амал исбот кард. Моделсозии компютерӣ ва таҷрибаи ҳисоббарорӣ имкон медиҳад, ки бо омӯзиши объекти "ғайриматематикӣ" то ҳалли масъалаи математикӣ коҳиш дода шавад. Истифодаи як дастгоҳи хуби математикӣ дар яқҷоягӣ бо технологияи пур иқтидори компютерӣ барои омӯзиши он имкон медиҳад. Дар ин мақола як модели компютерии ҳаракаткунанда дар забони барномасозии С ++ оварда шудааст, ки метавонад барои рушди ояндаи моделҳои компютерии ҳаракаткунанда асос гузорад.

Калидвожаҳо: моделсозӣ, ҳаракат, барномасозӣ, кадр, тасвир, мошин, моделсозии компютерӣ, методика, ҷашм, суръат, компонент.

СОЗДАНИЯ МОТИВАЦИИ К ИЗУЧЕНИЮ ПРЕДМЕТОВ ИНФОРМАТИКИ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ В СОУ АХ, ВУЗ АХ НА ПРИМЕРЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ «С++»

Практически во всех науках о природе, живой и неживой, об обществе, построение и использование моделей является мощным орудием познания. Реальные объекты и процессы бывают столь многогранны и сложны, что лучшим способом их изучения часто является построение модели, отображающей лишь какую-то грань реальности и поэтому многократно более простой, чем эта реальность, и исследование вначале этой модели. Многовековой опыт развития науки доказал на практике плодотворность такого подхода. Компьютерное моделирование и вычислительный эксперимент позволяют свести исследование "нематематического" объекта к решению математической задачи. Этим самым открывается возможность использования для его изучения хорошо разработанного математического аппарата в сочетании с мощной вычислительной техникой. В этой статье представлена компьютерная модель движения на языке

программирования C ++, которая может заложить основу для будущего развития компьютерных моделей движения.

Ключевые слова: моделирование, движение, программирование, кадр, картинка, автомобиль, компьютерное моделирование, методика, глаз, скорость, компонент.

CREATION OF MOTIVATION FOR STUDYING INFORMATIVE AND PROGRAMMING SUBJECTS IN SCHOOLS, UNIVERSITIES ON THE EXAMPLE OF COMPUTER MODELING OF MOTION CARS IN THE PROGRAMMING LANGUAGE "C ++"

In almost all sciences of nature, living and inanimate, of society, the construction and use of models is a powerful tool of knowledge. Real objects and processes are so multifaceted and complex that the best way to study them is often to build a model that reflects only some facet of reality and therefore many times simpler than this reality, and study this model at the beginning. The centuries-old experience in the development of science has proven in practice the fruitfulness of this approach. Computer modeling and computational experiment make it possible to reduce the study of a "non-mathematical" object to solving a mathematical problem. This opens up the possibility of using a well-developed mathematical apparatus in combination with powerful computing technology to study it. This article presents a computer model of motion in the C ++ programming language that may lay the foundation for the future development of computer motion models.

Keywords: modeling, movement, programming, frame, picture, car, computer modeling, technique, eye, speed, component.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Одинаев Раим Назарович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои физикаю математика, профессор, декани факултети механикаю математика. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** raim_odinaev@mail.ru. Тел.: 919-23-02-50

Ғафоров Зафар Бобобекович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, докторанти Ph.D-и кафедраи моделсозии математикӣ ва компютерӣ. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** zafar_6672@mail.ru. Тел.: 934-10-24-01

Сведения об авторах: *Одинаев Раим Назарович* – Таджикский национальный университет, доктор физико-математических наук, профессор, декан механико-математического факультет. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** raim_odinaev@mail.ru. Тел.: 919-23-02-50

Гафоров Зафар Бобобекович – Таджикский национальный университет, докторант Ph.D кафедры математическое и компьютерное моделирование. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** zafar_6672@mail.ru. Тел.: 934-10-24-01.

Information about the authors: *Odinaev Raim Nazarovich* – Tajik National University, doctor of physics and mathematics, professor, dean of the faculty of mechanics and mathematics. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** raim_odinaev@mail.ru. Phone: 919-23-02-50

Gaforov Zafar Bobobekovich – Tajik National University, doctor PhD of the department of mathematical and computer modeling. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17. **E-mail:** zafar_6672@mail.ru. Phone: 934-10-24-01

Мирзоев С.С.

Таджикский национальный университет

В работе Джураева А.Д. [1] в полупространстве $R_+^{n+1} = \{(t, x): t > 0, x \in R^n\}$ была рассмотрена общая неклассическая (составная) система

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} + \sum_{j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_j} \left(a \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + b \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = 0 \quad (1)$$

где $u_i(t, x)$, $i = 1, 2, \dots, n$ - искомые функции, a, b - вещественные числа.

Характеристический определитель системы (1) имеет вид

$$\chi(\xi_0, \xi_1, \xi_2, \xi_3) = (\xi_0^2 + b |\xi|^2)^{n-1} (\xi_0^2 + (a+b) |\xi|^2), \quad |\xi|^2 = \sum_{i=1}^n \xi_i^2.$$

Следовательно, в зависимости от значений коэффициентов a и b система (1) принадлежит разным типам систем уравнений с частными производными второго порядка. Так, например, в случае, когда $b > 0$, $a + b > 0$ система (1) эллиптическая, если $b < 0$, $a + b < 0$ гиперболическая, а в случае, когда $b > 0$, $a + b \leq 0$ и $b \leq 0$, $a + b > 0$ система (1) в любой точке полупространства R_+^{n+1} не принадлежит традиционным классическим типам уравнений и систем, то есть эта система в каждой точке пространства R_+^{n+1} наряду с комплексно сопряженными характеристиками имеет и вещественные. Такие системы принято называть неклассическими (или составными) системами уравнений с частными производными [2].

Для системы (1) было исследовано вопрос о корректности различных задач с начальными и начально-краевыми условиями [1].

Заметим, что при $a = -1$ и $b = 1$ из системы (1) как частный случай, следует система рассмотренная в работе автора [9].

В данной работе в четырехмерном полупространстве $R_+^4 = \{(t, x): t > 0, x \in R^3\}$ будем рассматривать одно из возможных обобщений системы уравнений (1) с переменными коэффициентами в следующем виде [10]

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = -t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_j}{\partial x_j} \quad (2)$$

где $u_i(t, x)$, $i = 1, 2, 3$ - искомые функции, $0 < p < 1$ - вещественное число. Характеристический определитель системы (2) имеет вид

$$\chi(\xi_0, \xi_1, \xi_2, \xi_3) = (\xi_0^2 - |\xi|^2) (\xi_0^2 + t^p |\xi|^2)^2, \quad |\xi|^2 = \xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2.$$

Следовательно, при $p = 2n + 1$, $n \in N$ в полупространстве $t < 0$ система (2) гиперболическая, а в полупространстве $t > 0$ является системой составного типа [1]. При $p = 2n$ система (2) в обоих полупространствах имеет как вещественные, так и мнимые характеристики [10].

Пусть $t > 0$. Обозначим через $H(R^3)$ пространство обобщенных функций, содержащих все $L_2(R^3)$ - функции и их производные (в смысле распределения [1]), а через $H_t(R^3)$ - пространство обобщенных функций, зависящих от вещественного

параметра t и принадлежащих $H(R^3)$ при каждом $t \geq 0$, причём они могут расти по t (при $t \rightarrow \infty$), но не быстрее некоторой её степени. В полупространстве R_+^4 для системы (2) рассмотрим следующую начальную задачу.

Начальная задача К. Найти регулярное в R_+^4 решение системы (2), стремящееся к нулю на бесконечности и удовлетворяющее начальным условиям

$$u_i(0, x) = \varphi_i(x), \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i \partial t} \Big|_{t=0} = \psi(x), \quad (4)$$

где заданные на R^3 функции $\varphi_i(x), \psi(x) \in H(R^3)$ и стремятся к нулю на бесконечности.

Под регулярным решением подразумевается непрерывное вплоть до границы, дважды дифференцируемое в области и ограниченное на бесконечности решение.

Дифференцируя i -е уравнение системы (2) по x_i

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\sum_{i=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right) = -t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(\sum_{i=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right) + (1+t^p) \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j^2} \left(\sum_{i=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right)$$

и складывая полученные уравнения, заметим, что функция $\omega(t, x) = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_i}$

удовлетворяет волновому уравнению

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} - \Delta \omega = 0, \quad (5)$$

Дифференцируя i -е уравнения по x_j имеем:

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} \right) = -t^p \frac{\partial}{\partial x_j} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2}$$

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = -t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) + (1+t^p) \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j^2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \quad (6)$$

Дифференцируя j -е уравнения по x_i имеем:

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) = -t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) + (1+t^p) \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j^2} \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (7)$$

Вычитая из (6) (7), получим:

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} \sum_{j=1}^3 \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) = -t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right).$$

Обозначив $v_{ij}(t, x) = \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i}$, $i \neq j$, заметим, что функция $v_{ij}(t, x)$

удовлетворяют эллиптическим уравнениям

$$\frac{\partial^2 v_{ij}}{\partial t^2} + t^p \Delta v_{ij} = 0 \quad (8)$$

Тогда задача (2)-(4) распадается на задачу Коши

$$\omega(0, x) = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_i}, \quad \omega_i(0, x) = \psi(x) \quad (9)$$

для волнового уравнения (5) и на задачу Дирихле

$$v_{ij}|_{t=0} = \varphi_{ij}(x) = \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_j} - \frac{\partial \varphi_j}{\partial x_i}, \quad i \neq j \quad (10)$$

для вырождающегося эллиптического уравнению (8).

Как известна, задача Коши (9) для волнового уравнения (5) всегда разрешима и её решения выписывается в явном виде [7].

Теперь решим задачу (8), (10). Выполняя постановку [4]

$$\tau = (1-a)t^{\frac{1}{1-a}}, \quad a = \frac{p}{2+p} < 1$$

имеем

$$\frac{\partial v_{ij}}{\partial t} = \frac{\partial v_{ij}}{\partial \tau} \cdot \frac{\partial \tau}{\partial t} = t^{\frac{a}{1-a}} \frac{\partial v_{ij}}{\partial \tau}$$

$$\frac{\partial^2 v_{ij}}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 v_{ij}}{\partial \tau^2} \cdot \left(\frac{\partial v_{ij}}{\partial t} \right)^2 + \frac{\partial v_{ij}}{\partial \tau} \frac{\partial^2 v_{ij}}{\partial \tau^2} = t^{\frac{2a}{1-a}} \frac{\partial^2 v_{ij}}{\partial \tau^2} + \frac{a}{1-a} t^{\frac{2a-1}{1-a}} \frac{\partial v_{ij}}{\partial \tau}.$$

Подставляя эти значения в уравнению (8), его приводим к известному эллиптическому уравнению Эйлера-Пуассона-Дарбу [8]

$$\Delta v_{ij} + \frac{\partial^2 v_{ij}}{\partial \tau^2} + \frac{a}{\tau} \frac{\partial v_{ij}}{\partial \tau} = 0, \quad (11)$$

где $a < 1$.

Решение уравнения (11) при $a < 1$ представляется в виде [3]

$$v_{ij}(t, x) = \frac{1}{\Lambda_{2-a} R^3} \int_{R^3} t^{1-a} E_{2-a}(t, x, \xi) f(\xi) d\xi, \quad (12)$$

где

$$\Lambda_{2-a} = \int_{R^3} (|\tau|^2 + 1)^{-\frac{4-a}{2}} d\tau, \quad E_{2-a}(t, x, \xi) = \left[\sum_{j=1}^3 (x_j - \xi_j)^2 + t^2 \right]^{-\frac{4-a}{2}},$$

$\tau = (\tau_1, \tau_2, \tau_3)$, $X = (x_1, x_2, x_3)$, $\xi = (\xi_1, \xi_2, \xi_3)$, $f(x)$ -непрерывная ограниченная функция

С помощью подстановки $\xi_j - x_j = t\tau_j$, $\xi_j = t\tau_j + x_j$, $d\xi = t^3 d\tau$, $j = \overline{1,3}$ интеграл (12) преобразуем к виду

$$v_{ij}(t, x) = \frac{1}{\Lambda_{2-a} R^3} \int_{R^3} (|\tau|^2 + 1)^{-\frac{4-a}{2}} f(x + t\tau) d\tau$$

Применяя условие (10), будем иметь

$$v_{ij}(0, x) = \frac{1}{\Lambda_{2-a} R^3} \int_{R^3} (|\tau|^2 + 1)^{-\frac{4-a}{2}} f(x) d\tau = f(x) = \varphi_{ij}(x).$$

Тогда решение задачи Дирихле (11), (10) представляется в виде

$$v_{ij}(t, x) = \frac{1}{\Lambda_{2-a} R^3} \int_{R^3} t^{1-a} E_{2-a}(t, x, \xi) \varphi_{ij}(\xi) d\xi \quad (13)$$

Таким образом, функции $\omega(t, x)$ и $v_{ij}(t, x)$ однозначно определены. Тогда при фиксированном $t \geq 0$, решим неоднородную систему уравнений векторных полей с заданными правыми частями[5]

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_i} &= \omega(t, x) \\ \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} &= v_{ij}(t, x), \quad i \neq j. \end{aligned} \quad (14)$$

Так как, решение задачи Дирихле в полупространстве R_+^4 представляется по аналогу формуле Пуассона (13), то в силу того, что, функции $\varphi_{ij}(x)$, $i \neq j$, удовлетворяют тождествам

$$\begin{aligned} \varphi_{ij} &= -\varphi_{ji}, \quad i \neq j \\ \frac{\partial \varphi_{ij}}{\partial x_s} + \frac{\partial \varphi_{si}}{\partial x_j} + \frac{\partial \varphi_{js}}{\partial x_i} &= 0, \end{aligned}$$

$$i = 1, 2, \dots, n-2, \quad j = i+1, i+2, \dots, n-1, \quad s = j+1, j+2, \dots, n,$$

для системы (12) будут выполнены условия совместности[1]

$$\begin{aligned} v_{ij} &= -v_{ji}, \quad i \neq j \\ \frac{\partial v_{ij}}{\partial x_s} + \frac{\partial v_{si}}{\partial x_j} + \frac{\partial v_{js}}{\partial x_i} &= 0, \end{aligned}$$

$$i = 1, 2, \dots, n-2, \quad j = i+1, i+2, \dots, n-1, \quad s = j+1, j+2, \dots, n,$$

Следовательно решение системы (12) в R_+^4 если считать правые части этой системы достаточно гладкими будет гладким (в силу эллиптичности (11)) и представится в виде[6]

$$u_i(t, x) = -\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \int_{R^3} \frac{\omega(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi + \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{v_{is}(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \quad (13)$$

где $|\sigma|$ - площадь поверхности единичной сферы в R^3 .

Покажем, что формула (13) является также решением начальной задачи **K**. Из (13), принимая во внимание (5) и (6), имеем

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} &= -\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \int_{R^3} \frac{\omega_{tt}(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi + \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{v_{tt}(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi = -\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \int_{R^3} \frac{\Delta \omega(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi + \\ &+ t^p \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{\Delta v(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi = -\frac{\partial}{\partial x_i} \Delta \left(-\frac{1}{|\sigma|} \int_{R^3} \frac{\omega(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) - t^p \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \Delta \left(-\frac{1}{|\sigma|} \int_{R^3} \frac{v(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) = \\ &= -\frac{\partial \omega}{\partial x_i} - t^p \sum_{s=1}^3 \frac{\partial v_{is}}{\partial x_s} = -\left(\frac{\partial \omega}{\partial x_i} + t^p \sum_{s=1}^3 \frac{\partial v_{is}}{\partial x_s} \right). \end{aligned}$$

То есть

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = -\left(\frac{\partial \omega}{\partial x_i} + t^p \sum_{s=1}^3 \frac{\partial v_{is}}{\partial x_s} \right), \quad (14)$$

а с другой стороны, применяя к (13) операцию $t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$ получим

$$\begin{aligned} t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_j} &= t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(-\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \int_{R^3} \frac{\omega(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) + \\ &+ t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(\frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{v_{is}(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) - \\ &- (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left(-\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \int_{R^3} \frac{\omega(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) - (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{v_{is}(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) = \\ &= t^p \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(-\frac{1}{|\sigma|} \int_{R^3} \frac{\omega(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) + t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(\frac{1}{|\sigma|} \int_{R^3} \frac{v_{is}(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) - \\ &- (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(-\frac{1}{|\sigma|} \int_{R^3} \frac{\omega(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) - (1+t^p) \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} \left(\frac{1}{|\sigma|} \int_{R^3} \frac{v_{is}(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) = \\ &= t^p \frac{\partial \omega}{\partial x_i} - t^p \sum_{s=1}^3 \frac{\partial v_{is}}{\partial x_s} - (1+t^p) \frac{\partial \omega}{\partial x_i} = -\left(\frac{\partial \omega}{\partial x_i} + t^p \sum_{s=1}^3 \frac{\partial v_{is}}{\partial x_s} \right). \end{aligned}$$

Таким образом,

$$t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\left(\frac{\partial \omega}{\partial x_i} + t^p \sum_{s=1}^3 \frac{\partial v_{is}}{\partial x_s} \right). \quad (15)$$

Из равенств (14) и (15) следует, что формула (13) удовлетворяет системе (12).

Полагая в (13) $t=0$ и принимая во внимание равенство $\omega(0, x) = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_i}$ и равенство $v_{ij}(0, x) = \varphi_{ij}(x)$, увидим, что формула (13) удовлетворяет начальному условию :

$$\begin{aligned} u_{ij}(0, x) &= -\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \int_{R^3} \frac{\omega(0, \xi)}{|\xi - x|} d\xi + \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{v(0, \xi)}{|\xi - x|} d\xi = \\ &= -\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{i=1}^3 \int_{R^3} \frac{\partial \varphi_i / \partial \xi_i}{|\xi - x|} d\xi + \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{\varphi_{is}}{|\xi - x|} d\xi = \\ &= -\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{\varphi_s(\xi)}{|\xi - x|} d\xi + \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{\partial \varphi_i / \partial x_j - \partial \varphi_j / \partial x_i}{|\xi - x|} d\xi = \\ &= -\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{\varphi_s(\xi)}{|\xi - x|} d\xi + \frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{\varphi_s(\xi)}{|\xi - x|} d\xi - \\ &\quad - \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial^2}{\partial x_s^2} \int_{R^3} \frac{\varphi_s(\xi)}{|\xi - x|} d\xi = \Delta \left(-\frac{1}{|\sigma|} \int_{R^3} \frac{\varphi_i(\xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) = \varphi_i(x) \end{aligned}$$

Далее, в силу второго равенства (7) имеем

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_i}{\partial t} &= -\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \int_{R^3} \frac{\omega_t(t, \xi)}{|\xi - x|} d\xi + \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{\partial v_{ij} / \partial t}{|\xi - x|} d\xi, \\ \frac{\partial u_i}{\partial t} \Big|_{t=0} &= -\frac{1}{|\sigma|} \frac{\partial}{\partial x_i} \int_{R^3} \frac{\omega_t(0, \xi)}{|\xi - x|} d\xi + \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{\partial v_{ij} / \partial t}{|\xi - x|} d\xi, \\ \frac{\partial u_i}{\partial t} \Big|_{t=0} &= \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\partial}{\partial x_i} - 1 \int_{R^3} \frac{\psi(\xi)}{|\xi - x|} d\xi + \frac{1}{|\sigma|} \sum_{s=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_s} \int_{R^3} \frac{\partial v_{ij} / \partial t}{|\xi - x|} d\xi \right) = \\ &= \Delta \left(-\frac{1}{|\sigma|} \int_{R^3} \frac{\psi(\xi)}{|\xi - x|} d\xi \right) = \psi(x), \end{aligned}$$

то есть функции $u_i(t, x)$, определяемая формулой (13), удовлетворяет также начальному условию (4).

Таким образом, имеет место следующий результат.

Теорема. Если $p = 2n + 1$ и $p = 2n$, $n \in N$, то существует и притом единственное решение системы (2), принадлежащее классу $H_t(R^3)$ при любом $t > 0$, удовлетворяющее заданным начальным условиям (3)-(4) для произвольных заданных $\varphi_i(x), \psi(x) \in H(R^3)$ и непрерывно зависящее от этих данных в топологии пространства $H(R^3)$.

Заметим, что аналогичный результат имеет место также в случае, когда в начальной задаче условие (3)-(4) заменены условиями

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \Big|_{t=0} = \varphi(x),$$

$$u_i(0, x) = \psi_i(x),$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Джураев А.Д. Метод сингулярных интегральных уравнений/А.Д. Джураев. – М.: Наука, 1987. – 415 с.
2. Джураев А. Д. Системы уравнений составного типа./ А.Д. Джураев. – М.: Наука, 1972. – 227 с.
3. Раджабов Н.Р. Интегральные представления и граничные задачи для некоторых дифференциальных уравнений с сингулярной линией или сингулярными поверхностями /Н.Р.Раджабов. – Душанбе: Изд-во ТГУ им. В.И.Ленина, 1982, часть 3. – 170 с.
4. Смирнов М. М. Вырождающиеся эллиптические и гиперболические уравнения/ М. М. Смирнов.–М.: Наука, 1966.– 292 с.
5. Сафаров Д.Х. Неклассические системы уравнений / Д.Х. Сафаров. -Душанбе: Дониш, 2008. – 431 с.
6. Сафаров Д.Х.Об одном обобщении уравнений теории упругости /Д.Х.Сафаров// ДАН РТ. – 2009.- т.52, №5. – С.338-343.
7. Курант Р. Уравнения с частными производными/ Р.Курант.-М.: МИР, 1964. – 830 с.
8. Кривенков Ю.П. О некотором представлении решений уравнения Эйлера–Пуассона–Дарбу через аналитические функции/ Ю.П. Кривенков// ДАН СССР. –1954. - Т.116, №3.
9. Сафаров Д.Х. Задача Дирихле для одной неклассической системы уравнений второго порядка/ Д.Х.Сафаров, С.С. Мирзоев // ДАН РТ. – 2013.- т.56, №6. – С.441-444.
10. Мирзоев С.С. Начально-краевые задачи для неклассической систем уравнений второго порядка с переменными коэффициентами/ С.С.Мирзоев// Материалы республиканской научно–теоретической конференции посвященной «20-ой годовщине Дня национального единства» и «Году молодежи», Душанбе, 2017. – С.583-584.

REFERENCES LITERATURE

1. Juraev A.D. Method of singular integral equations / A.D. Juraev. - M.: Nauka, 1987. – 415 p.
2. Juraev AD Systems of equations of composite type. Juraev. - Moscow: Nauka, 1972. – 227 p.
3. Rajabov N.R. Integral representations and boundary value problems for some differential equations with a singular line or singular surfaces / N.R. Rajabov. - Dushanbe: TSU im. V. I. Lenin, 1982, part 3. – 170 p.
4. Smirnov MM Degenerate elliptic and hyperbolic equations / MM Smirnov. – M.: Nauka, 1966. – 292 p.
5. Safarov D.Kh. Non-classical systems of equations / D.Kh. Safarov. -Dushanbe: Donish, 2008. – 431 p.
6. Safarov D.Kh. On one generalization of the equations of the theory of elasticity / D.Kh.Safarov // DAN RT. - 2009.- v. 52, No. 5. – P.338-343.
7. Courant R. Partial Differential Equations / R. Kurant.-M.: MIR, 1964. - 830 p.
8. Krivenkov Yu.P. On some representation of solutions of the Euler – Poisson – Darboux equation in terms of analytic functions / Yu.P. Krivenkov // DAN SSSR. –1954. - T.116, No. 3.
9. Safarov D.Kh. Dirichlet problem for one non-classical system of second-order equations / D.Kh. Safarov, S.S. Mirzoev // DAN RT. - 2013.- v. 56, No. 6. – P.441-444.
10. Mirzoev S.S. Initial-boundary value problems for non-classical systems of second-order equations with variable coefficients / S. S. Mirzoev // Materials of the republican scientific and theoretical conference dedicated to the "20th anniversary of the Day of National Unity" and "Year of Youth", Dushanbe, 2017. – P.583-584.

УМУМИЯТ ДОДАНИ СИСТЕМАИ МУОЛИЛАҶОИ ТАРТИБИ ДУОМОИ ТИПИ ТАРКИБӢ

Дар кори мазкур дар фазои чорченакаи $R_+^4 = \{(t, x) : t > 0, x \in R^3\}$ системаи ғайриклассикии муодилаҳои дифференсиалӣ бо ҳосилаҳои хусусии тартиби дуом бо коэффисентҳои тағйирёбандаи

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = -t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_j}{\partial x_j}$$

мавриди омӯзиш қарор меёбад ва масъалаҳо бо шартҳои аввала дар нимфазо таҳқиқ карда мешавад. Ин система ҳангоми $p = 2n + 1$, $n \in N$ дар нимфазои $t < 0$ гиперболий ва дар нимфазои $t > 0$ системаи типии таркибӣ мебошад. Ҳангоми $p = 2n$ система дар ҳар ду нимфазо дорои ҳам характеристикаҳои ҳақиқӣ ва ҳам характеристикаҳои комплексӣ мебошад. Барои системаи додашуда дар соҳаи тасвирёфта масъала бо шартҳои аввала таҳқиқ карда шудааст. Системаи муодилаҳои додашуда бо ёрии амали дифференсиронӣ ба намуди ду муодилаи дифференсиалии алоҳида тасвир карда мешаванд, ки яке аз онҳо гиперболий ва дигараш эллиптикӣ мебошад. Муодилаи эллиптикии ҳосилшуда баъди гузариш ба муодилаи Эйлер–Пуассон–Дарбу оварда мешавад. Корректӣ будани масъалаи намуди Коши ва Дирихле барои муодилаҳои додашуда исбот карда шудааст.

Калидвожаҳо: муодилаи намуди ғайриклассикӣ (таркибӣ) – масъалаи аввала – муодилаи эллиптикии таназзулбанда – муодилаи Эйлер-Пуассон-Дарбу – масъалаи Коши – якқиматаҳалшавандагӣ.

ОБОБЩЕНИЕ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА СОСТАВНОГО ТИПА

В данной работе в четырёхмерном полупространстве $R_+^4 = \{(t, x): t > 0, x \in R^3\}$ рассматривается неклассическая система уравнений в частных производных второго порядка с переменными коэффициентами

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = -t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_j}{\partial x_j}$$

и для неё исследуются начальные задачи в полупространстве. Это система, при $p = 2n + 1$, $n \in N$ в полупространстве $t < 0$ гиперболично, а в полупространстве $t > 0$ является системой составного типа. При $p = 2n$ система в обоих полупространствах имеет как вещественные, так и мнимые характеристики. Для данной системы уравнения, исследовано начальные и начально-краевые задачи в рассматриваемой области. Рассматриваемая система уравнения с помощью операция дифференцирования представляется в виде двух отдельных дифференциальных уравнений второго порядка, одна из которой является гиперболический, а другой эллиптический. Полученная вырождающаяся эллиптическая уравнения после замены переменных приводится в уравнения Эйлера-Пуассона-Дарбу. Выяснено корректная постановка задачи типов Коши и Дирихле для рассматриваемых уравнений.

Ключевые слова: уравнение неклассического (составного) типа – начальная задача – вырождающаяся эллиптическая уравнения – уравнения Эйлера-Пуассона-Дарбу – задача Коши – однозначная разрешимость.

GENERALIZATION OF A SYSTEM OF EQUATIONS OF THE SECOND ORDER OF THE COMPOSITE TYPE

In this paper, in a four-dimensional half-space $R_+^4 = \{(t, x): t > 0, x \in R^3\}$, we consider a non-classical system of second-order partial differential equations with variable coefficients

$$\frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = -t^p \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + (1+t^p) \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{j=1}^3 \frac{\partial u_j}{\partial x_j}$$

and initial problems in a half-space are studied for it. This is a system, for $p = 2n + 1$, $n \in N$ in the half-space $t > 0$ it is hyperbolic, and in the half-space $t < 0$ it is a composite system. For $p = 2n$, the system in both half-spaces has both real and imaginary characteristics. For a given system of equations, the initial and initial-boundary value problems in the considered domain are investigated. The considered system of equations using the operation of differentiation is represented in the form of two separate differential equations of the second order, one of which is hyperbolic and the other elliptic. The resulting degenerate elliptic equation after a change of variables is reduced to the Euler-Poisson-Darboux equations.

The correct formulation of the problem of the Cauchy and Dirichlet types for the equations under consideration is clarified.

Keywords: the nonclassical (composite) type equation – the initial problem – the degenerate elliptic equation – the Euler-Poisson-Darboux equation – the Cauchy problem – unique solvability.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Мирзоев Собирҷон Содикович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, муаллими калони кафедраи математикаи олий. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдаки 17. **E-mail:** Sobirjonm@mail.ru. **Тел.:** 904-15-58-88

Сведения об авторе: *Мирзоев Собирҷон Содикович* – Таджикский национальный университет, старший преподаватель кафедры высшей математики. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** Sobirjonm@mail.ru. **Тел.:** 904-15-58-88

Information about the author: *Mirzoev Sobirjon Sodiqovich* – Tajik National University, Senior Lecturer of the Department of Higher Mathematics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Ave., 17. **E-mail:** Sobirjonm@mail.ru. **Тел.:** 904-15-58-88

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА КОНСТРУКЦИЙ
СОЛНЕЧНОГО АДСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНИКА**

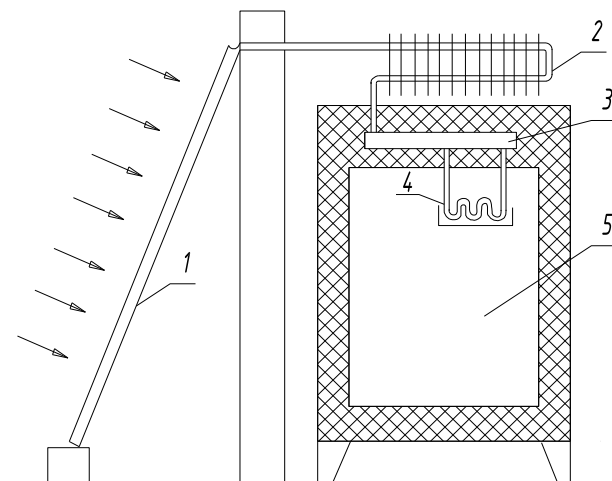
Джафаров А.С.¹, Мирзоев И.Н.², Ибронов С.Д.², Бахтовари У.², Кобули З.В.²

¹Технологический университет Таджикистана,

²Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана

Солнечные установки находят в настоящее время применение не только для получения тепла, но и для создания искусственного холода. Характерная конструкция адсорбционного солнечного холодильника (рис. 1) состоит из генератора (1), конденсатора (2), ресивера (3), испарителя (4) и камеры холодильника (5).

В генераторе холодильника, конструкция которого выполняет функцию «горячего ящика», располагаются трубы, заполненные поглотителем и хладагентом, в качестве которого обычно используется аммиак. При нагреве генератора под действием солнечной радиации из поглотителя начинают выделяться пары аммиака, которые поступают в конденсатор, где происходит конденсация хладагента за счет теплообмена с воздухом в помещении. Жидкий аммиак накапливается в ресивере и заполняет испаритель холодильника. При снижении температуры генератора после захода солнца поглотитель начинает активно поглощать пары аммиака, что приводит к снижению давления в ресивере и кипению жидкого аммиака в испарителе холодильника. Процесс кипения, сопровождаемый отбором тепла из камеры холодильника, способствует охлаждению воздуха и продуктов, расположенных внутри камеры. Процесс работы холодильника периодически повторяется, при этом температурный режим конструкции солнечного холодильника периодически изменяется.



*Рис. 1. Схема солнечной холодильной установки/
Solar refrigeration unit diagram.*

1 - генератор;

2 - конденсатор;

3 - ресивер;

4 - испаритель;

5 - холодильная камера.

*Fig. 1. Diagram of a solar refrigeration unit /
Solar refrigeration unit diagram.*

1 - generator;

2 - capacitor;

3 - receiver;

4 - evaporator;

5 - refrigerating chamber

При разработке конструкций солнечных холодильников необходимы расчеты температурного режима для обеспечения гелиоустановкой требуемой холодопроизводительности и температуры, внутри камеры холодильника. Методика определения температурного режима конструкций солнечного холодильника основана

на расчёте температурного режима конструкций в условиях периодического теплового воздействия [1-3].

Параметры рабочего цикла солнечной холодильной установки и ее холодопроизводительность в значительной мере зависят от температурного режима генератора, который в свою очередь определяется температурой наружного воздуха и интенсивностью суммарной солнечной радиации, воздействующей на поверхность генератора. Из-за непрерывного изменения параметров внешнего теплового воздействия температурный режим генератора является существенно нестационарным.

Для описания температурного режима генератора в условиях периодического изменения параметров внешнего теплового воздействия рассмотрим уравнения теплового баланса:

- для генератора [2,7]

$$A_T I T_{c_2} - K_c(t_T - t_H) - \frac{\alpha_{ив}(t_T - t_{ив})F_{и}}{F_c} = \frac{m_T c_T}{F_c} \frac{dt_T}{d\tau}, \quad (1)$$

- для наружного стекла прозрачного покрытия

$$A_{c_1} I + \alpha_{п}(t_{c_2} - t_{c_1}) - \alpha_{св}(t_{c_1} - t_H) = \rho_0 c_0 \delta_{c_1} \frac{dt_{c_1}}{d\tau}, \quad (2)$$

- для внутреннего стекла прозрачного покрытия

$$A_{c_2} I T_{c_1} - \alpha_{п}(t_{c_2} - t_{c_1}) + \alpha_{св}(t_T - t_{c_2}) = \rho_0 c_0 \delta_{c_2} \frac{dt_{c_2}}{d\tau}, \quad (3)$$

здесь A_T, A_{c_1}, A_{c_2} - поглощательные способности труб генератора наружного и внутреннего стекла; T_{c_1}, T_{c_2} - пропускательная способность наружного и внутреннего стекла; t_H, t_T - температуры наружного воздуха и труб генератора; t_{c_1}, t_{c_2} - температуры внутреннего и наружного стекла; $t_{ив}, t_{ин}$ - температуры на внутренней и наружной поверхностях изоляции генератора;

$$K_c = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{сн}} + \frac{\delta_{c_1} + \delta_{c_2}}{\lambda_0} + \frac{\delta_{п}}{\lambda_{эқв}} + \frac{1}{\alpha_{св}}} \quad (4)$$

коэффициент теплопередачи стеклянного ограждения; $\alpha_{св}, \alpha_{сн}$ - коэффициенты теплоотдачи на внутренней и наружной поверхностях стеклянного ограждения; $\alpha_{п}$ - коэффициент теплоотдачи в воздушной прослойке стеклянного ограждения; $\delta_{п}$ - толщина воздушной прослойки между стеклами; λ_0 - коэффициент теплопроводности стекла; $\lambda_{эқв}$ - эквивалентный коэффициент теплопроводности воздушной прослойки; m_T - суммарная масса труб генератора и адсорбента; C_T - средняя удельная теплоемкость труб и адсорбента; $F_{и}, F_c$ - площади внутренних поверхностей изоляции и стеклянного ограждения; ρ_0, C_0 - плотность и удельная теплоемкость стекла; I - интенсивность солнечной радиации; τ - время.

При составлении уравнений (1) - (3) предполагалось, что теплоемкость воздуха, находящегося внутри генератора, пренебрежимо мала по сравнению с тепловой емкостью труб генератора, а теплопередача через стеклянное ограждение генератора в любой момент времени описывается уравнением теплопередачи для стационарного режима теплообмена, так как теплоемкость стекла и воздушной прослойки достаточно малы.

Распределение температуры в изоляции корпуса генератора описывается уравнением теплопроводности:

$$\frac{\partial t_{и}}{\partial \tau} = a_{и} \frac{\partial^2 t_{и}}{\partial l^2}; \quad (5)$$

- при граничных условиях при $e = 0$

$$-\gamma_{и} \left(\frac{\partial t_{и}}{\partial e} \right)_{e=0} = a_{иВ} (t_{Т} - t_{и}); \quad (6)$$

- при $e = \delta_{и}$

$$-\gamma \left(\frac{\partial t_{и}}{\partial e} \right)_{e=\delta_{и}} = a_{иН} (t_{и} - t_{Н}), \quad (7)$$

где $\lambda_{и}$, $a_{и}$ - коэффициенты теплопроводности и температуропроводности изоляции; $\delta_{и}$ - толщина изоляции; e - координата, отсчитываемая по направлению от внутренней поверхности изоляции к наружной.

Поскольку суточные изменения параметров внешнего теплового воздействия носят периодический характер, решение уравнений (1) - (7) будем искать в виде рядов Фурье:

$$t_{Т} = t_{Т0} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(x_k \cos k \frac{2\pi\tau}{z} + y_k \sin k \frac{2\pi\tau}{z} \right), \quad (8)$$

$$t_{c_1} = t_{c_{10}} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(g_k \cos k \frac{2\pi\tau}{z} + f_k \sin k \frac{2\pi\tau}{z} \right), \quad (9)$$

$$t_{c_2} = t_{c_{20}} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(u_k \cos k \frac{2\pi\tau}{z} + v_k \sin k \frac{2\pi\tau}{z} \right), \quad (10)$$

$$t_{и} = t_{и_0}(e) + \sum_{k=1}^{\infty} \left[m_k(e) \cos k \frac{2\pi\tau}{z} + n_k(e) \sin k \frac{2\pi\tau}{z} \right], \quad (11)$$

где $t_{Т0}$, $t_{c_{10}}$, $t_{c_{20}}$, $t_{и_0}(e)$ - средние значения температур; $x_k, y_k, g_k, f_k, u_k, v_k, m_k, n_k$ - коэффициенты рядов; z - период колебания; $k = 1, 2, 3, \dots$ - целочисленная переменная.

Значения средних температур и коэффициентов рядов (8) - (11) предстоит определить в процессе решения, для упрощения которого запишем ряды Фурье с помощью комплексного числа i в виде

$$t_{Т} = t_{Т0} + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{Тk} e^{k \frac{2\pi\tau}{z} i}, \quad (12)$$

$$t_{c_1} = t_{c_{10}} + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{c_{1k}} e^{k \frac{2\pi\tau}{z} i}, \quad (13)$$

$$t_{c_2} = t_{c_{20}} + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{c_{2k}} e^{k \frac{2\pi\tau}{z} i}, \quad (14)$$

$$t_{и} = t_{и_0}(e) + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{иk}(e) e^{k \frac{2\pi\tau}{z} i}, \quad (15)$$

где $\theta_{\tau k}, \theta_{c_{1k}}, \theta_{c_{2k}}, \theta_{иk}(e)$ - амплитудно-фазовые характеристики простых гармонических составляющих соответствующих температур, которые имеют связь с коэффициентами рядов (8) - (11):

$$\theta_{\tau k} = x_k - iy_k; \quad (16)$$

$$\theta_{c_{1k}} = g_k - if_k; \quad (17)$$

$$\theta_{c_{2k}} = u_k - iv_k; \quad (18)$$

$$\theta_{и}(e) = m_k(e) - in_k(e). \quad (19)$$

По аналогии с соотношениями (12) и (15), (16) - (19) периодические колебания температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации представлены в виде

$$t_{и} = t_{и_0} + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{иk} e^{k \frac{2\pi\tau}{z} i}, \quad (20)$$

$$I_{и} = I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \theta_{Ik} e^{k \frac{2\pi\tau}{z} i}, \quad (21)$$

где

$$\theta_{иk} = a_k - ib_k; \quad (22)$$

$$\theta_{Ik} = c_k - id_k; \quad (23)$$

$t_{и_0}, I_0$ - средние значения температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации; a_k, b_k, c_k, d_k - коэффициенты рядов Фурье, которые определяются при гармоническом анализе суточных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации.

Решение системы уравнений (1) - (7) начнем с уравнения теплопроводности для изоляции корпуса генератора, для чего подставим в него зависимость (15). После несложных преобразований дифференциальное уравнение теплопроводности сводится к уравнениям

$$\frac{d^2 t_{и0}(e)}{de^2} = 0, \quad (24)$$

$$\frac{d^2 \theta_{ик}(e)}{de^2} - k \frac{2\pi i}{za} \theta_{ик}(e) = 0. \quad (25)$$

Уравнение (24) описывает распределение средних температур по толщине изоляции, уравнение (25) - распределение k -х амплитудно-фазовых характеристик температуры по толщине стенки.

С помощью решения уравнений (24) и (25), определяются зависимости для средних температур и амплитудно-фазовых характеристик гармонических составляющих температуры на внутренней и наружной поверхностях изоляции:

$$t_{ив0} = t_{т0} + \frac{K_{и}}{\alpha_{ив}} (t_{н0} - t_{т0}), \quad (26)$$

$$t_{ив0} = t_{т0} + K_{и} (t_{н0} - t_{т0}) (\delta_{и}/\lambda_{и} + 1/\alpha_{ив}), \quad (27)$$

$$\theta_{ивк} = \frac{\theta_{нк} + \frac{Bi_{ив}}{Bi_{ин}} \varepsilon_{ки} \theta_{тк}}{\mu_{ки}}, \quad (28)$$

$$\theta_{инк} = \frac{\theta_{тк} + \frac{Bi_{ив}}{Bi_{ин}} + \theta_{нк} \xi_{ки}}{\mu_{ки}}, \quad (29)$$

где $\varepsilon_{ки}$, $\mu_{ки}$ – коэффициенты, значения которых определяются конструкцией изоляции «горячего ящика» по литературе [2].

Подставив в уравнение (2) и (3) соотношения (12), (14), (20) и (21), выделив после преобразования переменные и постоянные составляющие и решив полученные уравнения относительно средних температур и амплитудно-фазовых характеристик, получим:

$$t_{с20} = \frac{(\alpha_{п} + \alpha_{сн}) A_c T_{ci} I_0 + \alpha_{п} A_c J_0 + \alpha_{сн} \alpha_{п} t_{н0} + \alpha_{св} (\alpha_{п} + \alpha_{сн}) t_{т0}}{\alpha_{п} \alpha_{сн} + \alpha_{св} \alpha_{сн} + \alpha_{св} \alpha_{сн}} \quad (30)$$

$$t_{с10} = \frac{A_{с1} I_0 + \alpha_{п} t_{с20} + \alpha_{сн} t_{н0}}{\alpha_{п} + \alpha_{сн}}, \quad (31)$$

$$\theta_{с2} = (A_{с2} T_{с1} + A_{с1}/S_k) \theta_{I_k} + \alpha_{сн} \theta_{нк}/S_k + \alpha_{св} \theta_{тк}, \quad (32)$$

$$\theta_{с1} = \frac{A_{с1} \theta_{sk} + \alpha_{п} \theta_{с2k} + \alpha_{сн} \theta_{нк}}{\alpha_{п} + \alpha_{сн} + \rho_0 C_0 \delta_{с1} k \frac{2\pi\tau}{z}} \quad (33)$$

где

$$S_k = 1 + \frac{\alpha_{сн}}{\alpha_{п}} \rho_0 \frac{c_0 \delta_{с1}}{\alpha_{п}} k \frac{2\pi}{z}. \quad (34)$$

Решение уравнений (1) после подстановки в него соотношений (13), (20), (21) и выделения постоянных и переменных составляющих позволяет получить зависимости для t_{T0} и θ_{Tk} :

$$t_{T0} = t_{H0} + \frac{A_T T_{C2} I_0}{K_C + K_H F_H / F_C}; \quad (35)$$

$$\theta_{Tk} = \frac{A_T T_{C2} \theta_{Ik} + \left(K_C + \frac{\alpha_{иВ} F_{и}}{\mu_{кИ} F_C} \right) \theta_{Hk}}{K_C + \alpha_{и} \frac{F_{и}}{F_C} \left(1 - \frac{B i_{иВ}}{B i_{иН}} \frac{\varepsilon_k}{\mu_k} \right) + \frac{m_{TC} c_T}{F_C} k \frac{2\pi}{z} i}. \quad (36)$$

Расчет средних значений температур и амплитудно-фазовых характеристик по полученным зависимостям сводится к алгебраическим действиям над действительными и комплексными числами и производится в следующем порядке: по формулам (35) и (36) определяются t_{T0} и θ_{Tk} , по формулам (30) - (34) - t_{c20} , t_{c10} и θ_{c2} , θ_{c1} , по формулам (26) - (29) - $t_{иВ0}$, $\theta_{иК}$. По соотношениям (16) - (19) с помощью амплитудно-фазовых характеристик рассчитываются коэффициенты рядов Фурье (8) - (11)

$$x_k = Re(\theta_{Tk}); y_k = -Im(\theta_{Tk}); \quad (37)$$

$$g_k = Re(\theta_{c1k}); f_k = -Im(\theta_{c1k}); \quad (38)$$

$$u_k = Re(\theta_{c2k}); v_k = -Im(\theta_{c2k}); \quad (39)$$

$$m_{и} = Re(\theta_{иВк}); n_k(0) = -Im(\theta_{иВк}); \quad (40)$$

$$m_{иК}(\delta_{и}) = Re(\theta_{иНк}); n_k(\delta) = -Im(\theta_{иНк}); \quad (41)$$

где $Re(\theta)$ - действительная часть соответствующего значения амплитудно-фазовой характеристики; $Im(\theta)$ - коэффициент при мнимой части соответствующей амплитудно-фазовой характеристики.

Суточные колебания температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации с погрешностью не более 7% описываются первыми тремя гармониками ряда Фурье [1]. Очевидно, для определения температуры элементов конструкции генератора также достаточно взять первые три гармоники рядов (8) - (11).

На рис. 2 приведены данные расчетов с помощью полученных зависимостей и экспериментальные записи по температурному режиму генератора солнечного холодильника в условиях периодического изменения внешнего теплового воздействия. Сравнение расчетных и экспериментальных данных по температуре труб генератора позволяет сделать вывод об удовлетворительном согласовании результатов расчетов и опытных данных, использовать полученные зависимости для анализа условий работы генератора солнечных холодильных установок, а также дальнейших расчетов параметров рабочего цикла, холодопроизводительности и эффективности работы адсорбционных солнечных холодильников.

Для анализа работы солнечного холодильника кроме температуры генератора необходимо знать закономерности отвода из камеры холодильника в условиях нестационарного теплообмена, когда холодопроизводительность установки и температура наружного воздуха периодически изменяются во времени.

Обусловленное солнечным облучением повышение температуры генератора, которое может быть рассчитано по зависимости (8), приводит к выделению паров хладагента из адсорбента и увеличению давления в установке, изменение которого можно определить из уравнения состояния для идеального газа

$$P = \frac{\rho}{\mu} RT_T, \quad (42)$$

где P - давление; ρ - плотность паров хладагентов; R - универсальная газовая постоянная; T_T - абсолютная температура труб генератора.

Плотность паров хладагента зависит от параметров массопередачи, определяющих процессы десорбции и адсорбции в генераторе, и в конечном итоге является функцией температуры генератора. На рис. 3 приведены экспериментальные данные, характеризующие зависимость плотности паров аммиака, генерируемого из октоаммиака в функции температуры генератора t_T . В диапазоне температур от 20 до 120°C результаты экспериментов приближенно описываются зависимостью [3,7].

Уравнения (42) и (43) при известном изменении температуры генератора (8) позволяют рассчитывать изменение давления в гидравлической магистрали солнечного холодильника в течение полного периода его работы. По изменению давления с помощью диаграммы состояния аммиака определяется зависимость температуры фазового перехода хладагента t_k из газообразной фазы в жидкую и обратно.

Для определения холодопроизводительности солнечного холодильника запишем уравнение теплового баланса для его конденсатора:

$$K_k F_k \theta_m(\tau) d\tau = [C_p(t_T - t_k) + r] dG, \quad (44)$$

где K_k , F_k - коэффициент теплопередачи и площадь поверхности теплообмена конденсатора холодильника; C_p , r - удельная теплоемкость и удельная теплота фазового перехода хладагента, которые являются функциями температуры; dG - масса сконденсировавшегося хладагента за время $d\tau$; $\theta_m(\tau)$ - средний температурный напор на конденсаторе:

$$\theta_m(\tau) = [t_T(\tau) - t_k(\tau)] / \ln \left[\frac{t_T(\tau) - t_H(\tau)}{t_k(\tau) - t} \right], \quad (45)$$

где $t_H(\tau)$ - температура воздуха, которым охлаждается конденсатор.

$$\rho = 0,005 t_T^{1,6} \text{ кг/м}^3. \quad (43)$$

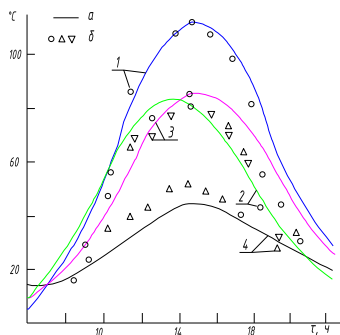


Рис. 2. Температурный режим генератора солнечного холодильника/ Temperature mode of the solar refrigerator generator:

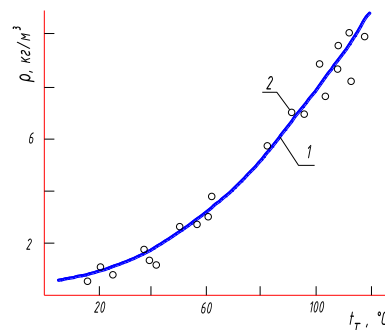


Рис. 3. Зависимость плотности паров аммиака от температуры генератора солнечной холодильной установки/ Dependence of the density of ammonia vapor on the temperature

1, 2, 3, 4 - температуры труб,
наружного стекла, внутренней и наружной
поверхности изоляции;

a - расчёт; б – эксперимент

of the generator of a solar refrigeration unit:

1 - расчёт по уравнению (4.89) [2];
2 - экспериментальные данные

Fig. 2. Temperature mode of the solar refrigerator generator:

1, 2, 3, 4 - temperatures of pipes, outer glass, inner and outer surfaces of insulation;
a - calculation; b – experiment

Fig. 3. Dependence of the density of ammonia vapor on the temperature of the generator of
a solar refrigeration unit:

1 - calculation according to the equation (4.89) [2];
2 - experimental data

Из уравнения (44) определяется зависимость для массы хладагента, который переходит в жидкое состояние в конденсаторе и накапливается в ресивере холодильника за промежуток времени от τ_1 до τ_2 , в котором температура $t_\tau(\tau)$ больше температуры $t_H(\tau)$:

$$G = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{K_K F_K \theta_m(\tau)}{C_p [t_\tau(\tau) - t_K(\tau)] + r} d\tau, \quad (46)$$

Конденсация хладагентов в период времени от τ_1 до τ_2 возможна за счет отвода тепла от хладагента в конденсаторе к наружному воздуху.

В вечерние и ночные часы суток, когда температура генератора снижается, жидкий хладагент начинает интенсивно испаряться, в результате чего понижается его температура, уменьшаются температуры ресивера и испарителя, а также отводится тепло из камеры холодильника.

Для промежутка времени от τ_2 до τ_3 (испарение хладагента) можно записать уравнение теплового баланса:

$$(G - G_0)r = \int_{\tau_2}^{\tau_3} K_{и} F_{и} (t_{в} - t_{к}) d\tau + \int_{\tau_2}^{\tau_3} K_{р} F_{р} (t_{н} - t_{к}) d\tau, \quad (47)$$

где G_0 - масса хладагента, при испарении которого снижаются температуры ресивера, испарителя и хладагента от $t(\tau_2)$ до $t(\tau_3)$:

$$G = \frac{(C_{ж}G + C_p m_p + C_{и} m_{и}) [t(\tau_2) - t(\tau_3)]}{r + C_{ж} [t(\tau_2) - t(\tau_3)]}. \quad (48)$$

$C_{ж}$, C_p , $C_{и}$ - удельные теплоемкости жидкого хладагента, ресивера и испарителя; m_p , $m_{и}$ - массы ресивера и испарителя; $K_{и}$, $F_{и}$ - коэффициент теплопередачи и площадь поверхности испарителя; K_p , F_p - коэффициент теплопередачи и площадь поверхности ресивера; $t_{в}$ - температура воздуха в камере холодильника.

Первый член в правой части уравнения (47) характеризует количество тепла, которое отводится из камеры холодильной установки за один рабочий цикл. Используя среднее значение холодопроизводительности установки Q_0 , можно записать:

$$Q_0 z = \int_{\tau_2}^{\tau_3} K_{и} F_{и} (t_{в} - t_{к}) d\tau, \quad (49)$$

$$Q_0 = K_K F_K (t_{H0} - t_{B0}), \quad ($$

50)

где z - длительность рабочего цикла, равная 24 ч; K_k , F_k - коэффициент теплопередачи и площадь поверхности камеры холодильника; $t_{н0}$, $t_{в0}$ - средние температуры наружного воздуха и воздуха в холодильной камере.

Экспериментальные исследования работы солнечных холодильников свидетельствуют о том, что амплитуда колебаний температуры воздуха в холодильной камере имеет относительно небольшие значения (3-5°C), поэтому соотношение (49) перепишем в виде

$$Q_0 z = \int_{\tau_2}^{\tau_3} K_i F_i (t_{в0} - t_k) d\tau. \quad (51)$$

Подстановка зависимости (50) в уравнение (53) позволяет определить среднюю температуру воздуха в холодильной камере

$$t_{в0} = \frac{z K_k F_k t_{н0} + \int_{\tau_2}^{\tau_3} K_i F_i t_k d\tau}{z K_k F_k + K_i F_i (\tau_3 - \tau_2)}. \quad (52)$$

Приближенное значение текущей холодопроизводительности можно определить по формуле

$$Q = K_i F_i (t_{вс} - t_k). \quad (53)$$

Значения Q рассчитываются с момента времени τ , при котором температура кипящего хладагента становится равной температуре воздуха в холодильной камере, до момента времени, соответствующего полному испарению хладагента в испарителе.

Холодопроизводительность и средняя температура в камере холодильника по зависимостям (46) - (53) определяются на Персональном компьютере (ПК) с помощью численных методов интегрирования. Отвод тепла из холодильной камеры (6 - 8 ч) составляет 25-33% от длительности рабочего цикла холодильника, т.е. является прерывистым. Благодаря этому температурный режим камеры с солнечного холодильника в общем случае нестационарный, чему также способствуют суточные колебания температуры наружного воздуха, в котором находится холодильная камера [11, 13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ачиллов Б.М. Гормонический анализ суточных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации / Б.М. Ачиллов, В.В. Чугунков // Гелиотехника. –Ташкент, 1981. -№2. –С.54-59.
2. Ачиллов Б.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях и температурный режим низкопотенциальных гелиоустановок / Б.М. Ачиллов, В.В. Чугунков/Под ред. Р.А. Зохидова, Бухарский гос. пед. институт им. С. Орджоникидзе. –Ташкент: Фан, 1989. -100 с.
3. Баум В.А. Метод расчета технических характеристик солнечных опреснителей / В.А. Баум, Р. Байрамов, К. Тойлиев // Гелиотехника. -1967. -№5. -С.132-141.
4. Бодров, В.И. Теплофизические характеристики теплового контура зданий с газовыми инфракрасными излучателями / В.И. Бодров, А.А. Смыков // Сантехника, отопление, кондиционирование, энергосбережение. -2014. -Июль. -С. 52-54.
5. Горяев А.Б. Влияние соотношения размеров элементов солнечного адсорбционного холодильника на производительность / А.Б. Горяев, И.Ф. Самсон, А.А. Исаев // Междунар. научно-техническая конференция «Проблемы ресурсо- и энергосберегающих технологий в промышленности и АПК» (ПРЭТ-2014), Т1. - Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2014. -С. 135-139.
6. Голянд, М.М. Эксплуатация и восстановление теплоизоляционных конструкций холодильников / М.М. Голянд, В.П. Малышев, Б.Н. Малеванный [и др.]. -М. : Агропромиздат, 1991. -240 с.
7. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. -М.: Машиностроение, 1980. -320 с.
8. Моделирование работы солнечной адсорбционной холодильной установки в различных климатических условиях [Электронный ресурс]/URL:<https://ozlib.com/838637/tehnika/>

[modelirovanie raboty solnechnoy adsorbtsionnoy holodilnoy ustanovki razlichnyh klimaticheskikh usloviyah](#) (дата обращения 13.10.2020).

9. Румянцев Б.М. Системы изоляции строительных конструкций: учебное пособие / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков. -М.: МГСУ, 2014. – 640 с.
10. Самсон И.Ф. Совершенствование характеристик и разработка метода расчета солнечной адсорбционной холодильной установки периодического действия / И.Ф. Самсон // Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2015. – 132 с.
11. Сафаралиев М.Д. Совершенствование элементов технологии и особенности создания оптимального микроклимата для хранения картофеля (для условий Республики Таджикистан)/М.Д. Сафаралиев // Дисс. ... канд. техн. наук. –Душанбе, 2018. – 151 с.
12. Таблица теплопроводности строительных материалов [Электронный ресурс]/URL: <http://www.homeideal.ru/data/teploprovodnost.html> (дата обращения 21.11.2016).
13. Шадиев С. Температурный режим опытного фруктоовощехранилища с солнечным охлаждением/С. Шадиев, В.А. Муминов, Б.М. Ачиллов и др. // Гелиотехника. –Ташкент, 1984. - №2. – С.132-136.
14. Design, Construction and Testing of a Solar Adsorption Refrigerator Using Synthesised Zeolite A and Water as Adsorbent/Adsorbate Pair // Article in Advanced Materials Research October 2011 DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.367.495
15. Mahmoud B. Elsheniti. Adsorption Refrigeration Technologies. Mahmoud B. Elsheniti, Osama A. Elsamni, Raya K. Al-dadah, Saad Mahmoud, Eman Elsayed and Khaled Saleh// Submitted: May 1st 2017 Reviewed: December 15th 2017 Published: June 13th 2018

REFERENCES LITERATURE

1. Achilov B.M. Harmonic analysis of daily fluctuations in the temperature of the outside air and the intensity of solar radiation / B.M. Achilov, V.V. Chugunkov // Heliotekhnika. –Tashkent, 1981. –№2. – P.54-59.
2. Achilov B.M. Heat transfer at periodic thermal influences and temperature conditions of low-potential solar installations / B.M. Achilov, V.V. Chugunkov / Ed. R.A. Zokhidova, Bukhara State ped. Institute named after S. Ordzhonikidze. –Tashkent: Fan, 1989. –100 p.
3. Baum V.A. Method of calculating the technical characteristics of solar desalination plants / V.A. Baum, R. Bayramov, K. Toiliev // Heliotechnics. -1967. -№5. -P.132-141.
4. Bodrov V.I. Thermophysical characteristics of the thermal contour of buildings with gas infrared emitters / V.I. Bodrov, A.A. Smykov // Plumbing, heating, air conditioning, energy saving. -2014. -July. -FROM. – P. 52-54.
5. Garyaev A.B. Influence of the ratio of the size of the elements of a solar adsorption refrigerator on productivity / A.B. Garyaev, I.F. Samson, A.A. Isaev // Mezhdunar. scientific and technical conference "Problems of resource and energy saving technologies in industry and agro-industrial complex" (PRET-2014), T1. - Ivan. state chem.-technol. un-t. - Ivanovo, 2014. -P. 135-139.
6. Golyand M.M. Operation and restoration of thermal insulation structures of refrigerators / M.M. Golyand, V.P. Malyshev, B.N. Painted [and others]. -M. : Agropromizdat, 1991. – 240 p.
7. Mikheev M.A. Basics of heat transfer / M.A. Mikheev, I.M. Mikheeva. -M. : Mechanical engineering, 1980. – 320 p.
8. Modeling the operation of a solar adsorption refrigeration unit in various climatic conditions [Electronic resource] / URL: https://ozlib.com/838637/tehnika/modelirovanie_raboty_solnechnoy_adsorbtsionnoy_holodilnoy_ustanovki_razlichnyh_klimaticheskikh_usloviyah
9. Rummyantsev B.M. Insulation systems for building structures: textbook / B.M. Rummyantsev, A.D. Zhukov. -M. : MGSU, 2014. – 640 p.
10. Samson I.F. Improvement of characteristics and development of a method for calculating a solar adsorption refrigeration unit of periodic action / I.F. Samson // Diss. ... Cand. tech. sciences. - М., 2015. – 132 p.
11. Safaraliev M.D. Improvement of technology elements and features of creating an optimal microclimate for storing potatoes (for the conditions of the Republic of Tajikistan) / M.D. Safaraliev // Diss. ... Cand. tech. sciences. - Dushanbe, 2018. – 151 p.
12. Table of thermal conductivity of building materials [Electronic resource] / URL: <http://www.homeideal.ru/data/teploprovodnost.html> (date of treatment 11/21/2016).
13. Shadiev S. Temperature regime of the experimental fruit and vegetable storage with solar cooling / S. Shadiev, V.A. Muminov, B.M. Achilov et al. // Heliotechnics. –Tashkent, 1984. –№2. - P. 132-136.
14. Design, Construction and Testing of a Solar Adsorption Refrigerator Using Synthesised Zeolite A and Water as Adsorbent/Adsorbate Pair // Article in Advanced Materials Research October 2011 DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.367.495

15. Mahmoud B. Elsheniti. Adsorption Refrigeration Technologies. Mahmoud B. Elsheniti, Osama A. Elsamni, Raya K. Al-dadah, Saad Mahmoud, Eman Elsayed and Khaled Saleh// Submitted: May 1st 2017 Reviewed: December 15th 2017 Published: June 13th 2018

МОДЕЛРОНИИ РЕЖИМИ ҲАРОРАТИИ КОНСТРУКСИЯИ ЯХДОНИ АДСОРБСИОНИИ ОФТОБӢ

Дар мақола ҳисобҳои конструксионии ҳароратии яхдонҳои адсорбсионии офтобӣ баҳри таъмини иқтисоди зарурии хунуккунӣ ва ҳарорат дар дохили камераи яхдон баррасӣ карда мешаванд. Муқаррар карда шудааст, ки параметрҳои давраи қорӣи яхдони офтобӣ ва қобилияти хунуккунии он аз режими ҳароратии генератор вобастагии калон доранд, ки он дар навбати худ аз ҳарорати ҳавои беруна ва шиддати радиатсияи умумии офтоб, ки ба сатҳи генератор таъсир мерасонанд, муайян карда мешавад. Аз сабаби тағйирёбии доимии параметрҳои таъсири гармии беруна, режими ҳарорати генератор ба таври назаррас ноустувор аст. Барои тавсифи режими ҳарорати генератор дар шароити тағйирёбии даврии параметрҳои таъсири ҳарорати беруна, муодилаи тавозуни гармӣ барои се ҳолат - генератор, инчунин шишаи берунӣ ва дохилии қабати шаффоф баррасӣ карда мешавад. Иқтисоди сардсозандагӣ ва ҳарорати миёнаи камераи яхдон аз рӯи вобастагиҳои ҳосилшудаи (46) - (53) дар компютери фардӣ (компютер) бо истифода аз усулҳои ҳамчоякунии ададӣ муайян карда мешаванд. Баровардани гармӣ аз камераи яхдон (6-8 соат) 25-33% давомнокии давраи қорӣи яхдонро ташкил медиҳад, ин аллақай фосиланок аст. Аз ин рӯ, режими ҳароратии камераи яхдонҳои офтобӣ одатан ноустувор мегардад, ки ба он тағйирёбии ҳарӯзаи ҳарорати ҳавои берунӣ, ки камераи яхдон дар он ҷойгир аст, низ мусоидат мекунад.

Калидвожаҳо: иқтисоди яхдон, интиқоли гармӣ, генератори офтобӣ, адсорбсияи яхдони офтобӣ, мубодилаи гармӣ, шароити ҳарорат, режими ҳарорат, муқовимати гармӣ, тавозуни гармӣ, радиатсияи офтоб, эффеқтҳои гармии беруна, иқтисоди гармӣ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА КОНСТРУКЦИЙ СОЛНЕЧНОГО АДСОРБЦИОННОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

В статье рассмотрены температурные конструктивные расчеты солнечных адсорбционных холодильников для обеспечения требуемой холодопроизводительности и температуры, внутри камеры холодильника. Определено, что параметры рабочего цикла солнечной холодильной установки и ее холодопроизводительность, в значительной мере, зависят от температурного режима генератора, который в свою очередь определяется температурой наружного воздуха и интенсивностью суммарной солнечной радиацией, воздействующей на поверхность генератора. Из-за непрерывного изменения параметров внешнего теплового воздействия температурный режим генератора является существенно нестационарным. Для описания температурного режима генератора в условиях периодического изменения параметров внешнего теплового воздействия рассмотрено уравнение теплового баланса для трёх случаев – генератора, а также наружного и внутреннего стекла прозрачного покрытия. Холодопроизводительность и средняя температура в камере холодильника по выведенным зависимостям (46) - (53) определяются на персональном компьютере с помощью численных методов интегрирования. Отвод тепла из холодильной камеры (6 - 8 ч) составляет 25-33% от длительности рабочего цикла холодильника, т.е. является прерывистым. Благодаря этому температурный режим камеры с солнечного холодильника в общем случае нестационарный, чему также способствуют суточные колебания температуры наружного воздуха, в котором находится холодильная камера.

Ключевые слова: холодопроизводительность, теплопроводимость, солнечный генератор, адсорбционный солнечный холодильник, теплообмен, температурные условия, температурный режим, тепловое сопротивление, тепловой баланс, солнечная радиация, внешнее тепловое воздействие, теплоемкость.

SIMULATION OF THE TEMPERATURE MODE OF CONSTRUCTURES SOLAR ADSORPTION REFRIGERATOR

In the article considered temperature constructive calculation of the solar absorption refrigerator for the provision of the required refrigeration capacity and temperature in the refrigerator compartment. Also, there is identified that the parameter of the working cycle of the solar refrigerator installation and its refrigeration capacity, substantially depends on the temperature regime generator, which in its turn identifies the temperature of the external air and intensity of the solar radiation, influencing on the surface of the generator. Due to the continued changes of the parameters of the external heat influence, the temperature regime of the generator is significantly unsteady. For the description of the temperature regime of the generator in the conditions of the periodical changes of the external heat influence parameters, there considered the equation of the heat balance for three cases of the generator, as well as the external and inner glass of a transparent coating. Refrigerating capacity and average temperature in

the refrigerator chamber according to the derived dependencies (46) - (53) are determined on a Personal computer using numerical integration methods. Heat removal from the refrigerating chamber (6-8 hours) is 25-33% of the duration of the working cycle of the refrigerator, i.e. is intermittent. Due to this, the temperature regime of the solar refrigerator chamber is generally non-stationary, which is also facilitated by daily fluctuations in the temperature of the outside air in which the refrigerating chamber is located.

Keywords: refrigeration capacity heat permeability, solar generator, solar absorption refrigerator, heat exchange, temperature conditions, temperature regime, heat resistance, heat balance, solar radiation, external heat influence, heat capacity.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Чафаров Ахрор Сайдолимович* – унвонҷӯи Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон. **Суроға:** 734061, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи Н.Қарабоев 63/3. **E-mail:** ahror_j@mail.ru. **Тел.:** 901-22-33-15;

Мирзоев Исмадулло Назаралиевич – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 267. **E-mail:** mr.ismatullo@bk.ru. **Тел.:** 900-01-96-96;

Ибронов Саидмуҳаммад Давлаталиевич – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 267. **Тел.:** 985-94-39-45;

Бахтовари Умар – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 267. **Тел.:** 907-93-26-93;

Кобули Зайналбиддин Вали – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, доктори илмҳои техника, профессор. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 267. **E-mail:** kobuliev@mail.ru. **Тел.:** 934-40-65-06.

Сведения об авторах: *Джафаров Ахрор Сайдолимович* – соискатель Технологического университета Таджикистана. **Адрес:** 734061, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н.Карабаева 63/3. **E-mail:** ahror_j@mail.ru. **Тел:** 901-22-33-15;

Мирзоев Исмадулло Назаралиевич – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Аини, 267. **E-mail:** mr.ismatullo@bk.ru. **Тел.:** 900-01-96-96;

Ибронов Саидмуҳаммад Давлаталиевич – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Аини, 267. **Тел.:** 985-94-39-45;

Бахтовари Умар – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Аини, 267. **Тел.:** 907-93-26-93;

Кобули Зайналбиддин Вали – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, доктор технических наук, профессор. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Аини, 267. **E-mail:** kobuliev@mail.ru. **Тел.:** 934-40-65-06.

Information about the authors: *Jafarov Ahror Saydolimovich* – Technological University of Tajikistan, applicant. **Address:** 734061, Republic of Tajikistan, Dushanbe, N. Karabaev street 63/3. **E-mail:** ahror_j@mail.ru. **Phone:** 901-22-33-15

Mirzoev Ismatullo Nazaralievich – researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. **E-mail:** mr.ismatullo@bk.ru. **Phone:** 900-01-96-96

Ibronov Saidmuhammad Davlatalievich – researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. **Phone:** 985-94-39-45

Bakhtovari Umar – researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. **Phone:** 907-93-26-93

Kobuli Zaynalobiddin Vali – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, doctor of technical sciences, professor. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Aini, 267. **E-mail:** kobuliev@mail.ru. **Phone:** 934-40-65-06

ФИЗИКА

УДК 621.315.592

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ТелЛУРИДА КАДМИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Султонов Н., Хамрокулов Р.Б., Акобиров А.Т.

Таджикский национальный университет

Поликристаллические пленки с различным удельным сопротивлением, отличающимся на несколько порядков по величине, а также простота получения теллурида кадмия дают возможность использовать его как наиболее перспективный материал при изготовлении ряда полупроводниковых приборов, таких как детекторы ядерного излучения, солнечные элементы а так же интегральных схем.

Развитие солнечной полупроводниковой энергетики требует получения дешёвых материалов для изготовления фотопреобразователей с большой площадью. Наиболее перспективным материалом отвечающим этим требованиям, является аморфный и поликристаллический теллурид кадмия. Большая ширина запрещенной зоны и высокий коэффициент поглощения в видимой области спектра делают поликристаллический CdTe наиболее перспективным материалом для солнечных преобразователей.

Для создания детекторов ядерного излучения и дозиметров наиболее перспективным материалом в настоящее время является теллурид кадмия вследствие больших атомных номеров компонентов, а также большой ширины запрещенной зоны ($\Delta E=1,5$ эВ).

Получение поликристаллических пленок со стабильно повторяющимися электрофизическими, фотоэлектрическими и структурными свойствами резко осложняется из-за их структурными особенностями, Важнейшей из этих особенности является наличие в этих пленках межзеренных границ (МЗГ).

Создания высокоэффективных детекторов ядерного излучения на основе поликристаллических пленок CdTe определяется уровнем технологии синтеза пленок с воспроизводимыми и контролируруемыми свойствами.

Детекторы ядерного излучения на монокристаллическом теллуриде кадмия очень надёжны и высокоэффективны, но их изготовление требует больших финансовых затрат, что является главным препятствием к их широкому распространению. Наиболее дешевым вариантом в этом плане являются детекторы, изготовленные с использованием аморфных и поликристаллических пленок.

Поэтому получение пленок теллурида кадмия разной толщины на различных низкоомных подложках при различных технологических режимах является главной задачей изготовителей приборов. С учетом этого была разработана методика получения толстых (~50-300 мкм) и высокоомных поликристаллических пленок теллурида кадмия на низкоомных монокристаллических подложках.

Технология напыления толстых поликристаллических пленок CdTe на монокристаллические подложки.

Пленки получены методом вакуумного напыления в квазизамкнутом объеме (КЗО) при помощи вакуумной установки ВУП-5.

В качестве исходного материала для получения толстых пленок использовался монокристаллический CdTe, легированный хлором, удельное сопротивление которого составляло $\sim 10^9 - 5 \cdot 10^9$ Ом·см.

В табл. 1. приведены данные по влиянию технологических условий напыления на удельное сопротивление пленок, различной толщины.

Таким образом, разработан технологический режим получения толстых поликристаллических пленок теллурида кадмия (50-300 мкм). Результаты приведены в табл. 1.

Пленки CdTe получены методом термического испарения в вакууме и последующей конденсацией на монокристаллических подложках из CdTe, GaAs и Si [1-5]. При конденсации на подложки (110) GaAs преимущественную ориентацию в пленках CdTe имеют плоскости (100) и (111), параллельные плоскости подложки. В случае использования в качестве подложки (111) Si получили пленки (111) CdTe, что согласуется с литературными данными [6-10]. В работе [7] показано, что возможно получение монокристаллических пленок CdTe на подложке (100) GaAs с ориентацией плоскостей (110).

Анализ данных по электрическим свойствам пленок CdTe, полученных на низкоомных подложках из Si, GaAs, CdTe, показал, что удельное сопротивление активных пленок на несколько порядков выше, чем низкоомных подложек [9]. Одной из причин такого резкого отличия удельных сопротивлений можно считать изменение в кристаллической структуре пленок.

Структура пленок исследовалась методом рентгеноструктурного анализа. Исследования проводили на дифрактометре ДРОН-1. Использовали CuK_2 излучения, фильтрованное никелем.

Известно, что форма кристаллитов зависит от того, какая плоскость оказывается энергетически выгодной при осаждении из газовой фазы. В случае CdTe, которая имеет структуру типа цинковой обманки [13], этими плоскостями являются (100), (110) или (111). Обычно в подобных структурах направление преимущественной ориентации при росте пленки имеют грани (100), (110) или (111) [6-9, 11-15]. На рентгенограммах объемных кристаллов, полученных методом вращения, присутствуют только рефлексы от кубической модификации: атомы Cd находятся в узлах всестороннецентрированной решетки, а в узлах такой же решетки находятся атомы Te. Вторая решетка сдвинута относительно первой на $\frac{1}{4}$ пространственной диагонали.

Исследования тонких пленок теллурида кадмия, проведенных методом рентгеноструктурного анализа, показали, что микроструктура пленок зависит от температуры подложки, и при этом возможно образование аморфной гексагональной и кубической модификаций [16-19]

Несмотря на то, что для решения большинства задач полупроводниковой техники и микроэлектроники необходимы поликристаллические пленки соединений A_2B_6 , количество работ по технологии получения поликристаллических пленок и исследованию их свойств крайне мало.

Полупроводниковые пленки A_2B_6 , главным образом, теллурида кадмия, все шире используются в основных областях электронной техники, микроэлектронике, оптоэлектронике, солнечной энергетике. Для изготовления солнечных элементов требуется получение фоточувствительных пленок толщиной до 30 мкм.

Толщина активной пленки теллурида кадмия варьировалась от 30 до ~300 мкм. Для регистрации рассеянного излучения использовали гониометр

Таблица 1. Влияние технологических условий напыления на сопротивление пленок

Table 1. Influence of technological conditions of spraying on the resistance of films

№ п/п	Образец	Условия напыления	Толщина пленки d (мк)	Уд. сопр. ρ (Ом·см)
4	CdTe-CdTe	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки 493 К. Время напыления 15 мин., напыление импульсное. $I_{исп} \approx 5,0$ А по 2 мин. Расстояние испаритель-подложка 12 см.	101	$4,2 \cdot 10^{10}$
6	CdTe-GaAs	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки 493 К. Время напыления 15 мин., напыление импульсное. $I_{исп} \approx 5,0$ А по 2 мин. Расстояние испаритель-подложка 12 см.	104	$3,5 \cdot 10^{10}$
11	CdTe-GaAs	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки ~493 К. Время напыления 14 мин., напыление импульсное. $I_{исп} \approx 5,0$ А по 2 мин. Расстояние испаритель-подложка 12 см.	75	$3,2 \cdot 10^{10}$
13	CdTe-CdTe	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки 443 К. Расстояние испаритель-подложка ~12 см. Наблюдается частичное отслоение.	46	$7 \cdot 10^9$
14	CdTe-GaAs	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температура подложки 443 К. Расстояние испаритель-подложка ~12 см. Наблюдается частичное отслоение.	28	$6,5 \cdot 10^9$
23	CdTe-Si	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температуры подложки 493 К. Ток испарителя 5 А. Расстояние испаритель-подложка 12 см. Время напыления 12 мин.	29	$3,2 \cdot 10^9$
25	CdTe-Si	Напыление в квазизамкнутом объеме.	48	$5,2 \cdot 10^9$

		Температуры подложки 493 К. Ток испарителя 5 А. Расстояние испаритель-подложка 12см. Время напыления 14 мин.		
26	CdTe-CdTe	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температуры подложки $T_{\text{п}}=493$ К. Напыление разовое. Ток испарителя $I_{\text{исп}}= 5$ А. Расстояние испаритель-подложка 8 см. Время напыления 16 мин.	91	$5,6 \cdot 10^9$
28	CdTe-CdTe	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температуры подложки $T_{\text{п}}=493$ К. Напыление разовое. Ток испарителя $I_{\text{исп}}= 5$ А. Расстояние испаритель-подложка 8 см. Время напыления 24 мин.	175	$2 \cdot 10^{10}$
31	CdTe-GaAs	Напыление в квазизамкнутом объеме. Температуры подложки $T_{\text{п}}=493$ К. Напыление разовое. Ток испарителя $I_{\text{исп}}= 5$ А. Расстояние испаритель-подложка 8 см. Время напыления 24 мин.	165	$9 \cdot 10^9$

ГУР-5, где предусмотрено раздельное и собственное вращения счетчика и образца. Использован режим соотношения скоростей 2:1 то есть скорость вращения счетчика составлял 1 град/мин, а скорость вращения образца - 0,5 град/мин.

Регистрацию интенсивности рассеяния I осуществляли сцинтилляционным счетчиком. Углы дифракционных максимумов (по шкале гониометра и по диаграмме на ленте самописца) измеряли с точностью 0,03 мин.

В случае применения сцинтилляционного счетчика для регистрации импульсов, лежащих в заданном интервале, используется амплитудный дискриминатор, то есть счетчиком регистрируются только кванты рассеянного излучения с энергией, соответствующей характеристическому излучению, а кванты фона, отвечающего белому излучению, отфильтровываются. Значения интенсивности регистрировали на диаграммной ленте самопишущего прибора. Отдельные опыты проводились (для точного определения угла дифракции и полуширины дифракционного максимума) с использованием цифropечатающего устройства двумя методами: а) методом фиксированного количества импульсов или б) методом фиксированного времени счета импульсов. Использование цифropечатания особенно эффективно, если одновременно применяется предусмотренное в установке автоматическое ступенчатое перемещение образца и счетчика.

На рис. 1 представлена дифрактограмма (дифракционный спектр, угловое распределения интенсивности) пленок CdTe различной толщины на подложке из GaAs. В дальнейшем эту серию образцов обозначим CdTe-GaAs. Как видно на дифрактограммах образцов разной толщины (30, 60 и 80 мкм) наблюдается от 5 до 8 четких дифракционных максимумов.

Микроструктура пленок теллурида кадмия зависит от температуры подложки: при 493 К образуется кубическая объемноцентрированная, а при 620К – гексагональная [20]. В случае объемноцентрированной структуры роста пленок по плоскостям (110) (часто плоскости роста являются смещенными – (110), (011)) возможно образование отражения по плоскостям (110), (200), (211), (220), (310) и т.д.

Все образцы (рис. 1) являются поликристаллическими, о чем свидетельствует заметная полуширина дифракционных максимумов. Интенсивность рассеяния в поликристаллических телах зависит от следующих факторов: размера кристаллитов, их числа в единице объема, ориентации кристаллитов, а также от степени искажения кристаллитов.

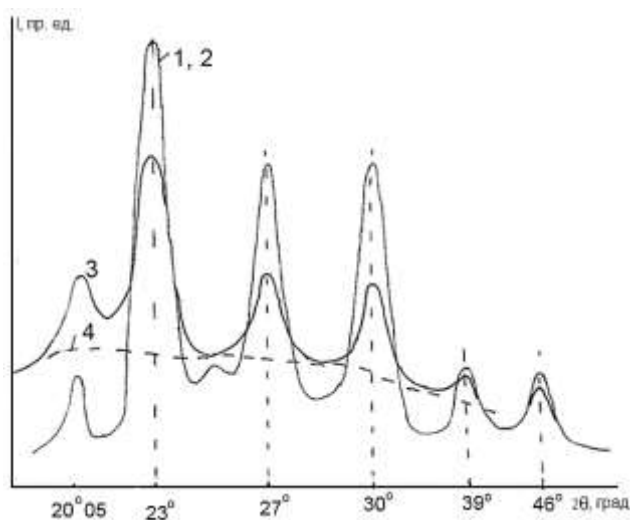


Рис. 1. Дифрактограмма пленок CdTe-GaAs при разных толщинах: 1, 2 – 30 и 50 мкм; 3 – 80 мкм; 4 – линия диффузного фона

Fig. 1. Diffraction pattern of CdTe-GaAs films at different thicknesses: 1, 2 - 30 and 50 microns; 3 - 80 microns; 4 - line of the diffuse background

Для поликристаллических веществ (объект состоит из большого числа субмикроскопических кристаллов, и в дальнейшем будем называть их кристаллитами) наличие кристаллитов с размером $L \geq 10^{-4}$ мм влечет за собой дифракционное расширение рефлекса. Дифракционное расширение (размытие) рефлекса поддается измерению, когда $L \leq 10^{-4}$ мм (1000 \AA) то есть, когда L равняется $50-1000 \lambda$.

Полуширина рефлексов, вызванных конечностью размеров кристаллитов, определяется формулой Шерера [3]

$$\Delta\varphi = \frac{\lambda}{h_k \cos\theta} \quad (1)$$

h_k - проекция линейного размера кристаллита на направление вдоль экватора рентгенограммы;

$\Delta\varphi$ - полуширина дифракционного максимума;

θ - половина угла дифракции.

Размытие рефлексов, то есть уширение рефлексов, обусловлено малым числом параллельных друг другу отрастающих плоскостей.

Как следует из рис. 1 дифракционные рефлексы пленок CdTe (111), полученных на монокристаллических подложках из GaAs, имеют полуширину ~ 39 угловых минут, что согласно формуле (1), соответствует размерам кристаллитов $h_k \cong 150 \text{ \AA}$ (табл. 2).

В табл. 2 приведены некоторые структурные характеристики пленок теллурида кадмия на подложке из GaAs (CdTe) (вычисленных на основе рис. 1 и 2 и их зависимость от толщины пленок и температуры для наиболее сильного рефлекса $2\theta \sim 23^\circ$ и, соответственно, с межплоскостным расстоянием $d = 3.8938 \text{ \AA}$.

Размеры кристаллитов определили на основе формулы (1). Полуширину рефлекса определили с учетом расходимости первичного пучка: $\Delta\varphi_{\text{оиф}} = \sqrt{\Delta\varphi_{\text{эсн}}^2 - \Delta\varphi_{\text{пуч}}}$, где $\Delta\varphi_{\text{пуч}} = 16'$ - расходимость первичного пучка; $\Delta\varphi_{\text{эсн}}$ - полуширина рефлекса, которая определяется из эксперимента. $\Delta\varphi_{\text{оиф}}$ - полуширина дифракционного максимума. Полуширина рефлексов для разных толщин пленок, полученных при температуре подложке 493 К, составляет $40-42'$, что соответствует размерам кристаллитов $h_k = 145-150 \text{ \AA}$. Конечность полуширины рефлексов свидетельствует о том, что все образцы имеют поликристаллическую структуру.

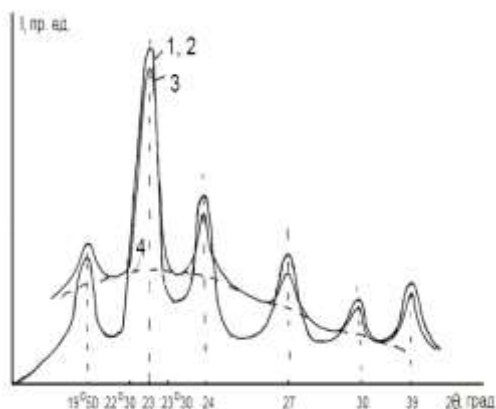


Рис. 2. Дифрактограммы пленок CdTe-CdTe при разных толщинах: 1 – 30 мкм; 2 – 50 мкм; 3 – 80 мкм; 4 – линия диффузного фона

Fig. 2. Diffraction patterns of CdTe-CdTe films at different thicknesses: 1 - 30 microns; 2 - 50 microns; 3 - 80 microns; 4 - line of diffuse background

Как видно, для образцов CdTe –GaAs, (в системе CdTe –GaAs – второй член (GaAs) всегда здесь и далее является подложкой) полученных при температуре подложки 493 К, размеры кристаллитов с ростом толщины от 30 до 80 мкм изменяются в пределах от 139Å до 150Å : сначала h_k слабо растет от 145 до 150Å , далее имеется тенденция к частичному падению h_k (до $\sim 139\text{Å}$). Из анализа интенсивности наиболее яркого дифракционного максимума следует, что при толщинах 30-60 мкм интенсивность практически постоянна, однако, при толщине 80 мкм имеет место падение интенсивности в максимуме I_m .

На интенсивность рассеянного излучения, кроме размеров кристаллитов сильно влияет и степень искажения в кристаллической решетке кристаллита.

Одной из причин изменения в кристаллической структуре пленок с ростом их толщины при заданной температуре можно считать градиент температуры. Действительно, при увеличении толщины активной пленки температура новых слоев отличается от предыдущих, и этот градиент температуры, несомненно, приведет к изменению структуры пленок.

Для поддержания малого значения температурного градиента применяется электрическая цепь с несколькими независимо регулируемым спиралью, что обеспечивает медленную скорость испарения, которая обеспечивает, в свою очередь, выращивание монокристаллов, а не поликристаллов [18].

Из сравнения рис. 1 вытекает, что диффузное рассеяние заметно возрастает при толщине пленки 80 мкм. Возрастание диффузного рассеяния сопровождается заметным падением интенсивности кристаллических рефлексов. Интересным является возрастание диффузного рассеяния в области углов, где имеет место падение интенсивности кристаллических рефлексов. На рис. 2 (кривая 4) заметны два размытых максимума соответствующих углам 21° и 28° .

Действительно, несовершенный кристаллит дает диффрагированное излучение, которое уже не сосредоточено в строго определенных направлениях, как у совершенного кристаллита. Идеальной средней решетке по-прежнему соответствует интенсивная дифракция, предусматриваемая законом Брэгга, но вне этих направлений волн, излучаемых отдельными атомами при интерференции, уничтожаются не полностью, так как уничтожение является прямым следствием идеальной периодичности диффрагирующей среды, то есть кристаллитов.

Направления, в которых интенсивности дифракции существенно сгруппированы достаточно тесно, находятся вблизи направления максимума дифракционной линии. Экспериментально это означает, что дифракционные линии или пятна для дальних порядков отражения расширяются. Таким образом, дефекты решетки в кристаллите приводят к расширению полуширины дальних порядков дифракционных максимумов.

Дифракцию, не равную нулю, можно наблюдать во всех направлениях, даже удаленных на десятки градусов от направлений отражения конкретной (h_{kl}). Это рассеяние, в отличие от четких дифракционных максимумов (линии или пятен), угловое положение которых определяется законом Брэгга, является диффузным рассеянием. Как правило, интенсивность диффузного рассеяния для кристаллов очень мала по сравнению с интенсивностью дифракционных максимумов (рис. 1).

Очевидно, что в случае совершенного кристаллита вся интенсивность сконструирована в узле обратной решетки. При несовершенном кристалле часть интенсивности снимается из узла и распределяется по ячейке. Диффузное рассеяние является следствием уменьшения интенсивности дифракционных максимумов, то есть селективных отражений (рис. 1, кривая 4). Более четко это проявлено на рис. 1 кривая 4, где дифракционные максимумы в области 22° и 30° окружены диффузным рассеянием в виде размытого максимума.

На основе анализа интенсивности кристаллических рефлексов можно утверждать, что с ростом толщины образцов увеличивается вероятность появления дефектов. Это препятствует росту кристаллитов и приводит к возрастанию микроискажений.

Пленки CdTe - GaAs толщиной 30 мкм получили также при температуре подложки 300 К, интенсивности кристаллических рефлексов сравнительно слабы, а размеры кристаллитов меньше (84 Å), чем у пленок, полученных при 493 К, что связано с условием кристаллизации на холодной подложке (табл. 1). Попытка получить пленки толщиной больше 30 мкм при $T_{\text{п}} = 300$ К привела к отслаиванию пленок от подложки.

На рис. 2 представлены дифрактограммы пленок типа CdTe-CdTe при разных толщинах пленок. Как видно, аналогично образцам CdTe-GaAs, здесь также полученные пленки теллурида кадмия на монокристаллической подложке из CdTe имеют поликристаллическую структуру.

Таблица 2. Некоторые структурные характеристики пленок теллурида кадмия на подложках CdTe и GaAs и их зависимость от толщины

Table 2. Some structural characteristics of cadmium telluride films on CdTe and GaAs substrates and their dependence on thickness

Образцы	Толщина пленки, Д, (мкм)	Температура подложки, $T_{\text{п}}$, К	Интенсивность рассеяния в максимуме, $I_{\text{м}}$, (имп/сек)	Размер кристаллитов, h_k , Å	Межплоскостное расстояние, d, Å
CdTe-GaAs	30	300	68	84	3,9427
	30	493	113	145	3,8938
	50	493	113	150	3,8936
	80	493	91	139	3,8825
CdTe-CdTe	30	303	56	78	3,8872
	30	493	124	170	3,8660
	50	493	124	169	3,8624
	80	493	117	164	3,8510

Наиболее сильным является рефлекс (111), наблюдаемый при $2\theta=22^{\circ}50'$, по этому рефлексу при помощи формулы Дебая-Шерера определили размеры кристаллитов. Размеры кристаллитов и интенсивности кристаллических рефлексов в зависимости от толщины изменяются незначительно. Величины h_k практически постоянны, а интенсивность рефлекса с отражением под углом $22^{\circ}50'$ - в пределах $124-117 \frac{\text{имп}}{\text{сек}}$. При увеличении толщины имеется тенденция незначительного уменьшения интенсивности кристаллических рефлексов и возрастания диффузионного рассеяния (рис. 2).

Близкая поликристалличность образцов разной толщины, осажденных при $T_{\text{п}}=493$ К на монокристалл CdTe, видимо, связана с одинаковой структурой подложки (CdTe) и активной пленки (CdTe).

Пленки толщиной более чем 250 мкм обычным способом, то есть непрерывным осаждением, получить не удалось. Сравнительно толстые пленки на вышеуказанных подложках были получены в два приема – сначала получили активную пленку толщиной ~100 мкм далее ее охлаждали со скоростью 2° в минуту до комнатной температуры. При комнатной температуре образец находился 1 час, после снова подложку нагревали до температуры 493 К, и далее осаждали второй слой пленки. Наиболее толстые пленки до 570 мкм получили для системы CdTe-CdTe.

Некоторые характерные дифрактограммы пленок разной толщины системы CdTe-CdTe представлены на рис.3. Пленки, как и в предыдущих случаях, имеют поликристаллическую структуру, о чем свидетельствуют характерные для поликристаллических веществ полуширины рефлексов.

На правом углу рис. 3 показана зависимость размеров кристаллитов h_k от толщины пленок d . Как следует из рис. 3 с ростом толщины пленок D от 240 до 570 мкм интенсивность в максимуме рефлекса (отражение под углом 23°) уменьшается на 26% (табл. 3), а размеры кристаллитов на 30%. Согласно теории дифракции рентгеновских лучей интенсивность дифракционных рефлексов пропорциональна квадрату размера кристаллитов ($I \sim h_k^2$), однако, полуширина рефлекса пропорциональна первой степени h_k . Таким образом, уменьшение интенсивности рефлексов по мере увеличения толщины пленок (рис. 3) в первом приближении можно объяснить уменьшением размеров кристаллитов.

Следует подчеркнуть, что падение h_k на 26% должно было бы привести к большему изменению интенсивности, нежели 30%. Действительно, при росте h_k на 26% относительное изменение интенсивности должно составлять $\Delta I \sim (\Delta h)^2 = (1.26)^2 \cong 1.60$ то есть 60%. Таким образом, наблюдаемое изменение интенсивности (26%) более чем в два раза меньше, чем расчетное. Этот факт свидетельствует о том, что кристаллиты при больших толщинах пленок получают более дефектными.

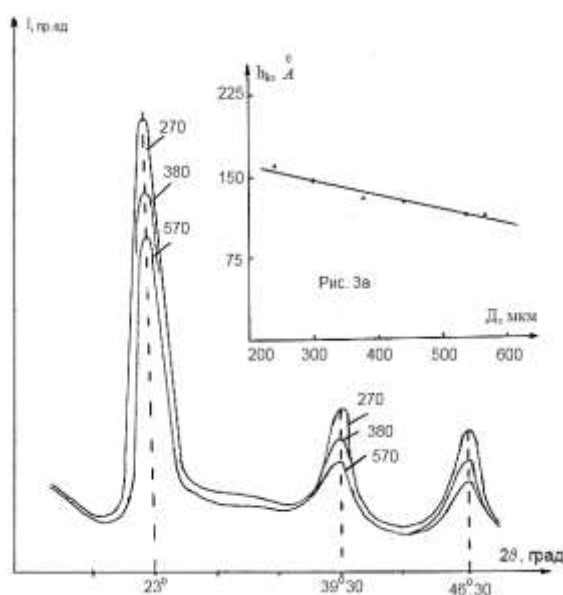


Рис. 3. Дифрактограмма пленки CdTe на подложке CdTe при различных толщинах. На правом углу (а) показана зависимость размеров h_k кристаллитов от толщины пленок D .

Fig. 3. Diffraction pattern of a CdTe film on a CdTe substrate at different thicknesses. The right corner (a) shows the dependence of the crystallite size h_k on the film thickness D .

В работе [17] авторы на основе анализа рентгеновских пиков исследовали зависимости размеров кристаллитов и искажений решетки от толщины пленок. Они также нашли, что с ростом толщины пленок увеличиваются дефекты решетки (микроискажения), и это препятствует росту размера кристаллитов.

Эффект возрастания толщины пленок при двухэтапном осаждении имеет место и для подложек из GaAs и Si. Максимальная толщина пленок для подложки из Si составляла 340 мкм, а для подложки из GaAs – 420 мкм. Эти результаты представлены в табл. 3 и рис. 4. Для всех типов образцов – CdTe-CdTe, CdTe-Si и CdTe-GaAs размеры кристаллитов, определенных по рефлексу (111) под углом отражения $2\theta=23^\circ$, составляют величину 160-175 Å. Получение толстых пленок на различных подложках позволяет путем, шлифовки снять верхнюю часть пленки и получить пленку нужной толщины.

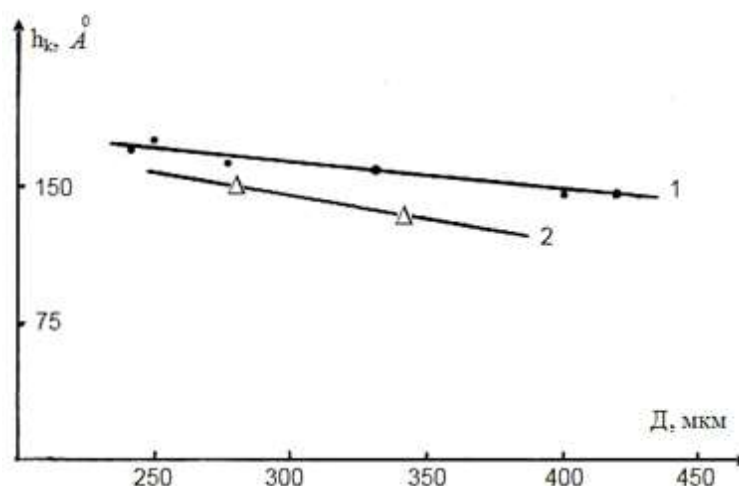


Рис. 4. Зависимость размеров кристаллитов от толщины пленок: 1 – CdTe-GaAs; 2 – CdTe-Si.
 Fig. 4. Dependence of the crystallite size on the film thickness: 1 - CdTe-GaAs; 2 - CdTe-Si.

Выбор толщины пленок в пределах 80-200 мкм связан с тем, что они практически являются оптимальными для изготовления пленочных детекторов ядерного излучения. Высокий атомный номера Cd и Te позволяет, уменьшить толщину активного слоя детектора до 100 мкм.

На структуру пленок и на качество поверхности пленок заметно влияет температура подложки, стенок квазизамкнутого объема и испарителя. Во время напыления температуру стенок квазизамкнутого объема поддерживали близкой к температуре испарителя.

Таблица 3. Структурные характеристики «толстых» пленок теллурида кадмия на подложках из CdTe, GaAs и Si и их зависимость от толщины пленок
 Table 3. Structural characteristics of “thick” cadmium telluride films on CdTe, GaAs and Si substrates and their dependence on the film thickness

Образцы	Толщина пленки, D, (мкм)	Температура подложки, T _п , К	Размер кристаллитов, h _к , Å	Межплоскостное расстояние, d, Å
CdTe-CdTe	240	493	160	3,8861
	300	493	148	3,8962
	380	493	138	3,8880
	440	493	138	3,8694
	540	493	112	3,8808
	570	493	112	3,8542
CdTe-GaAs	250	493	175	3,8090
	280	493	160	3,8866
	330	493	160	3,8866
	400	493	150	3,8866
	420	493	150	3,8866
CdTe-Si	280	493	150	3,8542
	340	493	135	3,8037

При выборе режима напыления пленок CdTe установлено, что при низких температурах подложки (T_п=300 К) пленки получаются рыхлыми с плохой адгезией к подложке.

При температуре 480-490 К получены однородные пленки по толщине и с хорошей адгезией к подложке. Эти пленки были использованы в качестве исходного материала для дальнейших исследований.

Удельное сопротивление пленок, полученных на различных подложках, составляло 5·10⁹ ÷ 1·10¹⁰ Ом·см то есть пленки получаются высокоомными. Пленки, отожженные при

температуре выше T_n , имели более совершенную структуру с удельным сопротивлением более чем на порядок меньшим, чем у неотожженных образцов.

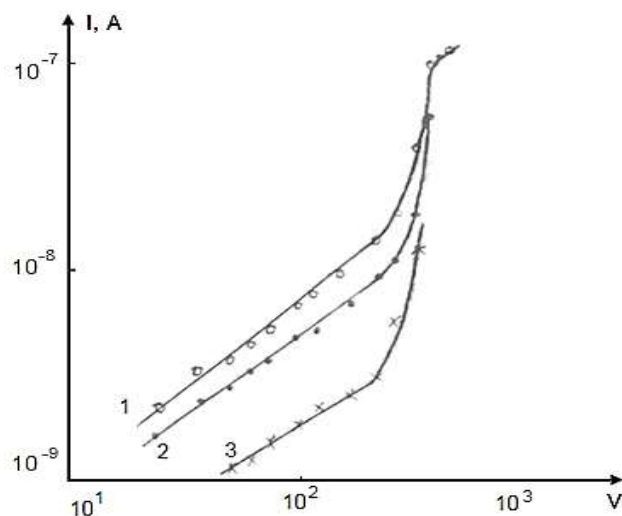


Рис. 5. Вольтамперная характеристика пленок CdTe на разных подложках.

1 – CdTe-CdTe; 2 – CdTe-GaAs; 3 - CdTe-Si: (толщина $D=110$ мкм)

Fig. 5. Current-voltage characteristic of CdTe films on different substrates.

1 - CdTe-CdTe; 2 - CdTe-GaAs; 3 - CdTe-Si: (thickness $D = 110 \mu\text{m}$)

На рис. 5 представлены вольтамперные характеристики для пленок теллурида кадмия на подложках из низкоомного монокристаллического теллурида кадмия (CdTe-CdTe), арсенида галлия (CdTe-GaAs) и кремния (CdTe-Si) в логарифмических координатах.

На рис. 6 представлено изменение интенсивности рефлекса (III), а в табл. 4 некоторые структурные характеристики пленок на подложках из CdTe и GaAs. Распределение интенсивности большеуглового рефлекса (III), а также межплоскостное расстояние (d) для пленок CdTe на подложках из CdTe и GaAs практически идентичны (рис. 6, табл. 4). Это связано с тем что, межплоскостное расстояние для кристаллов CdTe и GaAs отличается на несколько процентов, однако для кремния и теллурида кадмия это отличие составляет около 20%. Как видно из рис. 6 интенсивность рефлексов пленок CdTe, полученных на подложках из Si, значительно меньше и они более размытые.

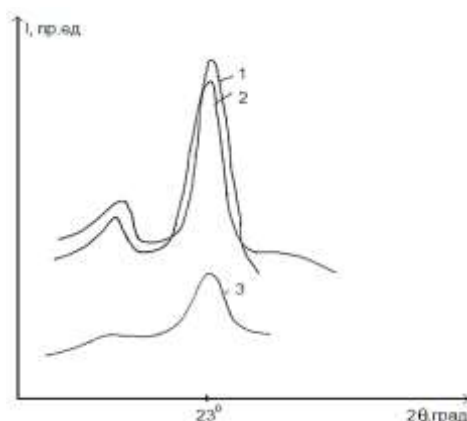


Рис. 6. Дифрактограммы пленок CdTe, полученных на разных подложках

1- подложка CdTe, 2- GaAs, 3- Si

Fig. 6. Diffraction patterns of CdTe films obtained on different substrates

1- CdTe substrate, 2- GaAs, 3- Si

Характер структурообразования влияет на электрические свойства пленок. Как видно зависимости тока от напряжения близки для пленок CdTe - CdTe и CdTe - GaAs. Из рис. 4 видно, что это зависимость для пленок, выращенных на различных подложках, состоит из двух прямых участков: в области напряжений $V \geq 250$ В наблюдается участок резкого увеличения проводимости. Некоторые наблюдаемые отличия в проводимости пленок (наклон начального участка, а также напряжение пробоя барьеров) связаны с отличием в структуре пленок, полученных на различных подложках. Систематические исследования проведены на пленках, выращенных на подложке из теллурида кадмия (CdTe-CdTe). Остановимся на механизме токопереноса в неоднородных (поликристаллических) полупроводниках.

В последнее время появилось достаточно работ (и обзоров) по исследованию электронных состояний в поликристаллических полупроводниках с учетом потенциальных барьеров между кристаллитами, что позволило объяснить механизм токопрохождения в поликристаллах с иных позиций. Предложена модель и развита барьерная теория проводимости поликристаллических полупроводников, основанная на уменьшении высоты потенциальных барьеров между кристаллитами, составляющими пленку, при приложении внешнего смещения.

На поверхности каждого кристаллита, составляющего пленку, может существовать область р-типа, окружающая кристаллит n-типа, и вся пленка состоит из большого числа включенных последовательно потенциальных барьеров, как показано на рис. 7.

Таблица 4. Структурные характеристики пленок, полученных на разных подложках
Table 4 Structural characteristics of films obtained on different substrates

Подложка	Толщина Д, мкм	Температура подложки, К	Интенсивность макс. рефлекса (Ш), I_m	Размеры кристаллитов $h_k, \text{Å}$	Межплоскостное расстояние $d, \text{Å}$
CdTe	110	493	110	160	3,8740
GaAs	110	493	117	150	3,8714
Si	110	493	44	125	3,7950

Изгиб энергетических зон вблизи электрически заряженной границы препятствует передвижению электронов в свободной зоне, и дырок в валентной зоне.

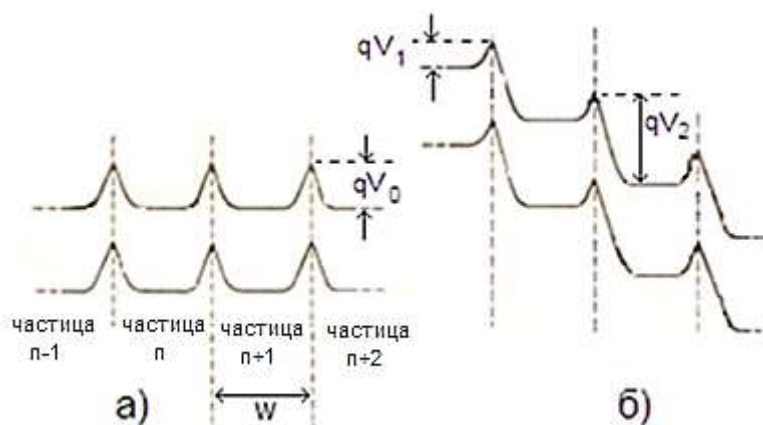


Рис. 7. Схематическое изображение энергетических барьеров в межкристаллитной области для пленок CdTe-CdTe: энергетический барьер в отсутствие внешнего напряжения (а) и с внешним напряжением ($V_0 = V_2 - V_1$) (б). V_0 – высота барьера при отсутствии смещения, W – ширина барьера.

Fig. 7. Schematic representation of energy barriers in the intercrystalline region for CdTe-CdTe films: energy barrier in the absence of an external voltage (a) and with an external voltage ($V_0 = V_2 - V_1$) (b). V_0 is the height of the barrier in the absence of displacement, W is the width of the barrier.

Поскольку состояния поверхности раздела заполнены электронами, по обе стороны границы образуется обедненный слой, что приводит к возникновению электростатического потенциального барьера (Рис. 7а). Интенсивность эмиссии и захвата электронов в условии отсутствие внешнего смещения такая, что локализованные на поверхности раздела электроны подчиняются статистике Ферми. Если к границе приложено напряжение смещения, то интенсивность захвата увеличивается, из-за чего изменяется заполнение электронами состояния поверхности раздела, приводящее к уменьшению величины барьера, способствующего движению носителей слева на направо (рис. 7б). При увеличении напряжения $V \geq 250$ В наблюдается электрический пробой барьера.

Рассмотрим механизм проводимости через барьер. В соответствии с моделью термоэлектронной эмиссии границу барьера могут пересекать те носители, кинетическая энергия которых больше, чем высота барьера qV_0 (рис. 7). Согласно модели, результирующий ток пропорционален разности потока электронов, пересекающих границу слева направо и справа налево

$$I = A \left[\exp\left(\frac{qV_2}{kT}\right) - \exp\left(\frac{qV_1}{kT}\right) \right] \quad (2)$$

где A – постоянная, зависящая от плотности свободных носителей в объеме кристаллита.

Часто формулу (2) записывают в виде

$$I = A^* T^2 \exp\left[-\frac{(E_g - E_F)}{kT}\right] \left[\exp\left(\frac{qV_2}{kT}\right) - \exp\left(\frac{qV_1}{kT}\right) \right] \quad (3)$$

здесь A^* – постоянная Ричардсона, E_g – ширина запрещенной зоны полупроводника, E_F – уровень Ферми кристаллических зерен, k – постоянная Больцмана. Из формулы (3) можно получить следующее выражение для проводимости в условиях нулевого смещения

$$\sigma_0 = \frac{q}{kT} q N_d \vartheta \exp\left(\frac{qV_0}{kT}\right) \quad (4)$$

где ϑ – скорость электронов, N_d – плотность свободных носителей в кристаллите.

На основе формул 2 - 4 можно утверждать, что величина проводимости зависит от температуры и энергии активации носителей заряда, которая пропорциональна высоте барьера. Аналогичные выводы можно сделать, если переход носителей через границу происходит диффузионным методом.

Из приведенных формул вытекает, что токоперенос в условиях приложения внешнего напряжения зависит от двух сомножителей: первого $\exp[-(E_g - E_F)/kT]$, характеризующего процесс генерации электроно-дырочных пар в кристаллитах, второго $[\exp(qV_2/kT) - \exp(qV_1/kT)]$, являющегося основным в токопереносе при наличии внешнего смещения в пленке. Изменяя величину qV_0 можно изменить темновой ток более чем на порядок.

Возвращаясь к рис.7 необходимо отметить, что на основе модели электростатических потенциальных барьеров возрастание тока связано с понижением межкристаллитных барьеров, которое способствует переходу носителей заряда через барьер. Область резкого увеличения тока (рис. 4) соответствует ударной ионизации барьеров.

Пробой барьеров (рис. 7) имеет электрический характер, и после снятия внешнего напряжения и повторного измерения характеристика повторяется. Хотя барьеры для заданного типа пленки однотипны, тем не менее величина барьера (qV_0) для пленок на различных подложках, в силу структурного отличия, колеблется в некоторых пределах. Это связано с тем, что невозможно получить пленки со строго определенными размерами кристаллов и одинаковыми межкристаллитными прослойками. Именно с этим связано наличие интервала напряжений, где наблюдается пробой межкристаллитных барьеров. При напряжении ~ 300 В проявляется высоковольтная омическая область.

Таким образом, в поликристаллических пленках, получаемых вакуумным испарением, существует кристаллическая и квазикристаллическая (межкристаллитные

прослойки) фаза. Первая представлена кристаллитами, вторая – межкристаллитными границами. Наличие межкристаллитных границ, плотность которых меньше, чем электронная плотность кристаллита, приводит к образованию пространственного объемного заряда на границе и, как следствие, к образованию многослойных потенциальных барьеров. Именно от величины потенциальных барьеров и размера кристаллитов зависит проводимость поликристаллических пленок.

Таким образом, выявлены оптимальные технологические параметры синтеза пленок из газовой фазы в квазизамкнутом объеме - температура подложки, температура отжига и скорость роста пленок. Установлено, что пленки, полученные на монокристаллических подложках, имеют поликристаллическую структуру с эффективными размерами кристаллитов $150 \div 175$ А. Предложен механизм проводимости поликристаллических высокоомных пленок теллурида кадмия на основе модели потенциальных барьеров между кристаллитами. Согласно модели, понижение высоты потенциальных барьеров при внешнем смещении сопровождается ростом проводимости пленок и имеет активационную природу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Султонов Н.С. Структурные изменения в монокристаллах теллурида кадмия при облучении ионами аргона // Н.С.Султонов, А.Т.Акобирова, Р.Б. Хамрокулов. Вестник национального университета (научный журнал). №2, Душанбе «Сино». 2006. - С. 55-58.
2. Султонов Н.С. Изучение структуры пленок теллурида кадмия, полученных на монокристаллических подложках // Н.С.Султонов, А.Т.Акобирова, Р.Б. Хамрокулов Вестник национального университета (научный журнал). Душанбе «Сино». 2006. №5. - С. 96-102.
3. Султонов Н.С. Структура пленок теллурида кадмия различной толщины // Н.С.Султонов, А.Т.Акобирова, Р.Б. Хамрокулов. Материалы межд. конф. «Наука и современное образование: проблемы и перспективы» Душанбе. 24-25 октября 2008. - С. 87.
4. Акобирова А.Т. Влияние отжига на фотоэлектрические свойства поликристаллических пленок теллурида кадмия // А.Т.Акобирова, К.Д.Азизов, Н.Султонов, Р.Б. Хамрокулов. Материалы международной конференции «Старение и стабилизация», Душанбе, 20-21 декабря 2002. - С. 83-86.
5. Акобирова А.Т. Морфология поверхности пленок теллурида кадмия, полученных методом вакуумного напыления на подложках из кремния и теллурида кадмия // А.Т.Акобирова, В.И.Головчук, М.Г.Лукашевич, Н.С.Султонов, Р.Б.Хамрокулов. Журнал Белорусского государственного университета. Физика. 2017. № 2. С. 69-75.
6. Султонов Н. Влияние межкристаллических барьеров на проводимость поликристаллических пленок CdTe // Н.Султонов, А.Т.Акобирова, К.Д.Азизов, Р.Б.Хамрокулов. Материалы международной конференции «Старение и стабилизация», Душанбе, 20-21 декабря 2002. - С.87-89.
7. Султонов Н. Получение поликристаллических пленок CdTe и исследование их электрических характеристик // Н.Султонов, А.Т. Акобирова, К.Д.Азизов, Р.Б.Хамрокулов. Материалы международной конференции по современным проблемам физико-механических свойств конденсированных сред. Худжанд, 2-4 май 2002. - С60-65.
8. Султонов Н., Акобирова А.Т., Азизов К.Д., Хамрокулов Р.Б. О возможности применения поликристаллического CdTe для изготовления детекторов ядерного излучения // Н.Султонов, А.Т.Акобирова, К.Д.Азизов, Р.Б.Хамрокулов. Международная научная конференция «Современные проблемы физики» Душанбе, 29-30 октября 2010.
9. One-step growth of high luminescence CdTe quantum dots with low cytotoxicity in ambient atmospheric conditions / Z. Sheng [идр.] // Dalton Transactions. – 2010. – № 39. – С. 7017–7020.
10. Оптическая спектроскопия композитных тонких пленок C60:CdS [Текст] / И. Б. Захарова [и др.] // Физика и техника полупроводников. – 2013. – № 47. – С. 107– 111.
11. The luminescence of CdS and CdTe thin films, components of photovoltaic cells [Текст] / S. Caraman [идр.] // Chalcogenide Letters. – 2006. – № 3. – С. 1–7.
12. Яфясов А.М. Электрофизические и морфологические свойства пленок CdTe, синтезированных методом молекулярного наслаивания // А.М.Яфясов, В.Б.Божевольнов, В.Ф. Раданцев. Физика и техника полупроводников. – 2010. – Т. 44. Вып. 5. – С. 590 – 593.
13. Калинин В.В. Исследование начальных стадий роста при молекулярно-лучевой эпитаксии CdTe на GaAs (100) // В.В.Калинин, С.А.Дворецкий, В.П.Зубков. Поверхность. Физика. Химия. Механика – 1991. №9. – С. 45-52., Поверхность. Физика. Химия. Механика – 1990. №12. – С. 92-96.
14. Беляев А.П. Электрофизические характеристики эпитаксиальных пленок CdTe // А.П. Беляев. Известия вузов физики, 1990, 33, №3. – С. 71-74.

15. Литвиненко Ю.Ю. Влияние кинетики роста на структурные и электрофизические свойства пленок CdTe // Ю.Ю.Литвиненко, Г.Н. Панин, В.В. Сердюк. Поверхность Физика. Химия. Механика – 1992, №5. - С. 107.
16. Абдулин В.В., Арафенин Ю.В., Пугачевский А.Н., Собинина И.В. Структура и свойства пленок CdTe, полученных синтезом из металлоорганических соединений на GaAs // В.В.Абдулин, Ю.В.Арафенин, А.Н.Пугачевский, И.В.Собинина. Журнал технической физики, 1988, 58. - С.1991.
17. Хамрокулов Р.Б. О механизме токопереноса в поликристаллических пленках теллурида кадмия// Р.Б.Хамрокулов, Н.Султонов, А.Т.Акобилова, К.Д.Азизов.Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2011. № 3. – С. 72-77.
18. Беляев А.П. Электрические свойства пленок теллурида кадмия, синтезированных в тепловом поле градиента температуры// А.П.Беляев, В.П.Рубец, М.Ю. Нуждин. ФТП, 2003. Т. 37, вып. 6. - С. 671-673.
19. Беляев А.П. Гетероэпитакция полупроводниковых соединений A^2B^6 на охлажденной подложке // А.П.Беляев, В.П. Рубец. ФТП. 2001, Т. 35. вып. 3. - С. 294-297.
20. Поликристаллические полупроводники, физические свойства и применение // Под ред. Г. Харбеке. М.: Мир, 1989. -344 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Sultonov N.S. Structural changes in single crystals of cadmium telluride upon irradiation with argon ions // N.S. Sultonov, A.T. Akobirova, R.B. Khamrokulov. Bulletin of the National University (scientific journal). No. 2, Dushanbe "Sino". 2006. – P. 55-58.
2. Sultonov N.S. Study of the structure of cadmium telluride films obtained on single-crystal substrates // N.S. Sultonov, A.T. Akobirova, R.B. Hamrokulov Bulletin of the National University (scientific journal). Dushanbe "Sino". 2006. No. 5. – P. 96-102.
3. Sultonov N.S. Structure of cadmium telluride films of various thicknesses // N.S. Sultonov, A.T. Akobirova, R.B. Khamrokulov. Materials int. conf. "Science and modern education: problems and prospects" Dushanbe, October 24-25, 2008. – P. 87.
4. Akobirova A.T. Effect of annealing on the photoelectric properties of polycrystalline films of cadmium telluride // A.T. Akobirova, K.D. Azizov, N. Sultonov, R.B. Khamrokulov. Materials of the international conference "Aging and Stabilization", Dushanbe, December 20-21, 2002. – P. 83-86.
5. Akobirova A.T. Surface morphology of cadmium telluride films obtained by vacuum deposition on silicon and cadmium telluride substrates // A.T. Akobirova, V.I. Golovchuk, M.G. Lukashevich, N.S. Sultonov, R.B. Khamrokulov. Journal of the Belarusian State University. Physics. 2017. No. 2. – P. 69-75.
6. Sultonov N. Influence of intercrystalline barriers on the conductivity of polycrystalline CdTe films // N. Sultonov, AT Akobirova, KD Azizov, RB Khamrokulov. Materials of the international conference "Aging and Stabilization", Dushanbe, December 20-21, 2002. – P. 87-89.
7. Sultonov N. Obtaining polycrystalline CdTe films and investigation of their electrical characteristics. Akobirova, K.D. Azizov, R.B. Khamrokulov. Materials of the international conference on modern problems of physical and mechanical properties of condensed media. Khujand, May 2-4, 2002. – P. 60-65.
8. Sultonov N., Akobirova A.T., Azizov KD, Khamrokulov RB. On the possibility of using polycrystalline CdTe for the manufacture of nuclear radiation detectors // N. Sultonov, A. T. Akobirova, K.D. Azizov, R.B. Khamrokulov. International Scientific Conference "Contemporary Problems of Physics" Dushanbe, October 29-30, 2010.
9. One-step growth of high luminescence CdTe quantum dots with low cytotoxicity in ambient atmospheric conditions / Z. Sheng [et al.] // Dalton Transactions. - 2010. - No. 39. - P. 7017–7020.
10. Optical spectroscopy of composite thin films C60: CdS [Text] / IB Zakharova [et al.] // Physics and technology of semiconductors. - 2013. - No. 47. - P. 107–111.
11. The luminescence of CdS and CdTe thin films, components of photovoltaic cells [Text] / S. Caraman [et al.] // Chalcogenide Letters. - 2006. - No. 3. - P. 1–7.
12. Yafyasov A.M. Electrophysical and morphological properties of CdTe films synthesized by molecular layering // A.M. Yafyasov, V.B. Bozhevovnov, V.F. Radantsev. Physics and technology of semiconductors. - 2010. - T. 44. 5. - P. 590 - 593.
13. Kalinin V.V. Investigation of the initial stages of growth during molecular beam epitaxy of CdTe on GaAs (100) // V.V. Kalinin, S.A. Dvoretzkiy, V.P. Zubkov. Surface. Physics. Chemistry. Mechanics - 1991. No. 9. - S. 45-52., Surface. Physics. Chemistry. Mechanics - 1990. No. 12. - P. 92-96.
14. Belyaev A.P. Electrophysical characteristics of epitaxial CdTe films // A.P. Belyaev. Proceedings of Physics Universities, 1990, 33, No. 3. - P. 71-74.
15. Litvinenko Yu.Yu. Influence of the growth kinetics on the structural and electrophysical properties of CdTe films // Yu. Yu. Litvinenko, GN. Panin, V.V. Serdyuk. Surface Physics. Chemistry. Mechanics - 1992, No. 5. - P. 107.

16. Abdulin V.V., Arafenin Yu.V., Pugachevsky A.N., Sobinina I.V. Structure and properties of CdTe films obtained by synthesis from organometallic compounds on GaAs // V.V.Abdulin, Yu.V. Arafenin, A.N. Pugachevsky, I.V. Sobinina. Technical Physics Journal, 1988, 58. - P. 1991.
17. Khamrokulov RB On the mechanism of current transfer in polycrystalline films of cadmium telluride // R.B.Khamrokulov, N. Sultonov, A.T. Akobirova, K.D. Azizov. Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of Physics and Mathematics, Chemical, Geological and Technical Sciences. 2011. No. 3. - P. 72-77.
18. Belyaev A.P. Electrical properties of cadmium telluride films synthesized in a thermal field of a temperature gradient // A.P. Belyaev, V.P. Rubets, M.Yu. Nuzhdin. FTP, 2003.Т. 37, no. 6. - P. 671-673.
19. Belyaev A.P. Heteroepitaxial growth of A2B6 semiconductor compounds on a cooled substrate // A.P. Belyaev, V.P. Scar. FTP. 2001, T. 35. no. 3. - P 294-297.
20. Polycrystalline semiconductors, physical properties and applications // Ed. G. Harbeke. - M.: Mir, 1989.-344 p.

КОРКАРДИ ТЕХНОЛОГИЯИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ ПАРДАҲОИ ПОЛИКРИСТАЛЛИИ ТЕЛЛУРИДИ КАДМИЙ ВА ОМУЗИШИ СОХТОР ВА ХОСИЯТҲОИ ЭЛЕКТРИКИИ ОНҲО

Натиҷаҳои синтез ва омӯзиши хосиятҳои сохторӣ ва морфологӣ пардаҳои теллуриди кадмий дар таҳлавлҳои кремний синтезкардашуда бо усули вакуумӣ дар ҳаҷми квазимаҳдуд, ва муайян намудани алоқамандии онҳо бо хосиятҳои электрикӣ оварда шудаанд. Пардаҳои бо ғафсии аз 50 то 300 мкм бо муқовимати хоси дар ҳудуди $2 \cdot 10^8$ - $5.2 \cdot 10^9$ Ом·см ба даст оварда шуданд. Дар мақола натиҷаҳои синтез ва омӯзиши хусусиятҳои сохтории пардаҳои теллуриди кадмие, ки дар таҳлавлҳои гуногун бо усули вакуумӣ дар ҳаҷми квазимаҳдуд синтез кардашуда ёфтани робитаи онҳо бо хосиятҳои электрикӣ оварда шудаанд. Пардаҳои бо ғафсии аз 50 то 300 мкм бо муқовимат хоси $2 \cdot 10^8$ - $5.2 \cdot 10^9$ Ом·см ҳосил карда шуданд. Технологияи ҳосил кардани пардаҳои теллуриди кадмӣ бо ғафсии 50-300 мкм дар таҳлавлҳои теллуриди кадмӣ, арсениди галлий ва кремний таҳия шудааст. Омӯзиши сохтори пардаҳои теллуриди кадмӣ бо таҳлили диффраксияи рентгенӣ нишон дод, ки микро сохторҳои пардаҳо аз ҳарорати таҳлавлҳои вобаста аст ва ташаккули аморфоно-гексагоналӣ ва кубӣ имконпазир аст. Муайян карда шуд, ки пардаҳои бадастомада поликристаллӣ мебошанд. Дар асоси натиҷаҳои бадастомада параметрҳои сохтории пардаҳои теллуриди кадмӣ ва андозаҳои кристаллитҳо ҳисоб карда шуданд. Тавсифҳои волтамперии сохторҳо дар асоси пардаҳои поликристаллӣ теллуриди кадмӣ дар таҳлавлҳои CdTe, GaAs ва Si омӯхта шуданд. Баъзе фарқиятҳо дар қобилияти гузарониши пардаҳо бо фарқияти сохтори пардаҳо, ки дар зерлавлҳои гуногун ба даст оварда шудаанд, алоқаманданд. Механизми электрогузаронандагии пардаҳо омӯхта шуд. Электрогузаронандагии пардаҳои теллуриди кадмӣ дар асоси модели монеаҳои эҳтимолии электростатикӣ тавсиф карда мешавад.

Калидвожаҳо: поликристалл, теллуриди кадмӣ, вакуум, пошидан, ҳаҷми квазимаҳдуд, таҳлавлҳои парда, технология, ҳарорат, ҳолати технологӣ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

В работе приведены результаты синтеза и изучения структурно-морфологических характеристик пленок теллурида кадмия, синтезированных на кремниевых подложках разного структурного совершенства методом вакуумного напыления в квазизамкнутом объеме, и нахождения их взаимосвязи с электрическими свойствами. Получены пленки толщиной от 50 до 300 мкм с удельным сопротивлением в интервале $2 \cdot 10^8$ - $5.2 \cdot 10^9$ Ом·см. В работе приведены результаты синтеза и изучения структурных характеристик пленок теллурида кадмия, синтезированных на разных подложках методом вакуумного напыления в квазизамкнутом объеме, и нахождения их взаимосвязи с электрическими свойствами. Получены пленки толщиной от 50 до 300 мкм с удельным сопротивлением в интервале $2 \cdot 10^8$ - $5.2 \cdot 10^9$ Ом·см. Разработана технология получения пленок теллурида кадмия толщиной 50-300 мкм на подложках теллурида кадмия, арсенида галлия и кремния. Исследования структуры пленок теллурида кадмия методом рентгеноструктурного анализа показали, что микроструктура пленок зависит от температуры подложки и при этом возможно образование аморфной гексагональной и кубической модификаций. Установлено, что полученные пленки являются поликристаллическими. На основе полученных результатов вычислены структурные параметры пленок теллурида кадмия и размеры кристаллитов. Изучены вольтамперные характеристики структур на основе поликристаллических пленок теллурида кадмия на подложках CdTe, GaAs и Si. Некоторые наблюдаемые отличия в проводимости пленок связаны с отличием структуры пленок, полученных на различных подложках. Изучен механизм проводимости полученных пленок. Токотенос в структурах на основе пленок теллурида кадмия объяснен на основе модели электростатических потенциальных межкристаллитных барьеров.

Ключевые слова: поликристаллический, теллурид кадмия, вакуум, напыление, квазизамкнутый объем, подложка, пленка, технология, температура, технологический режим.

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR OBTAINING POLYCRYSTALLINE CADMIUM TELLURIDE FILMS AND STUDYING THEIR STRUCTURE AND ELECTRICAL PROPERTIES

The results of the synthesis and study of the structural and morphological characteristics of cadmium telluride films synthesized on silicon substrates of different structural perfection by the method of vacuum deposition in a quasiclosed volume, and finding their relationship with electrical properties are presented. Films with a thickness of 50 to 300 μm with a specific resistance in the range of $2 \cdot 10^8 - 5.2 \cdot 10^9 \text{ Ohm}\cdot\text{cm}$ were obtained. The work presents the results of synthesis and study of the structural characteristics of cadmium telluride films synthesized on different substrates by vacuum deposition in a quasi-closed volume, and finding their relationship with electrical properties. Films with a thickness of 50 to 300 μm with a resistivity in the range of $2 \cdot 10^8 - 5.2 \cdot 10^9 \text{ Ohm}\cdot\text{cm}$ were obtained. A technology has been developed for the production of cadmium telluride films with a thickness of 50-300 μm on cadmium telluride, gallium arsenide, and silicon substrates. The study of the structure of cadmium telluride films by X-ray diffraction analysis showed that the microstructure of the films depends on the temperature of the substrate and the formation of amorphous hexagonal and cubic modifications is possible. It was established that the obtained films are polycrystalline. Based on the results obtained, the structural parameters of cadmium telluride films and crystallite sizes were calculated. The current-voltage characteristics of structures based on polycrystalline cadmium telluride films on CdTe, GaAs, and Si substrates were studied. Some observed differences in the conductivity of the films are related to the difference in the structure of the films obtained on various substrates. The mechanism of the conductivity of the films was studied. Current transport in structures based on cadmium telluride films is explained on the basis of the model of electrostatic potential intergranular barriers.

Keywords: polycrystalline, cadmium telluride, vacuum, sputtering, quasiclosed volume, substrate, film, technology, temperature, technological mode

Маълумот дар бораи муаллифон: *Султонов Низом* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои физика ва математика, профессори кафедраи электроникаи физикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Тел.:** 988 00 35 88

Ҳамроқулов Раҷабмурод Бадридинович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, н.и.т., дотсенти кафедраи электроникаи физикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Тел.:** (+992) 904 16 07 75

Акобирова Азиза Тошпулатовна – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои физикаю математика, дотсенти кафедраи электроникаи физикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** Aziza.akobirova@mail.ru. **Тел.:** (+992) 907 91 76 26

Сведения об авторах: *Султонов Низом* – Таджикский национальный университет, д.ф.-м.н., профессор кафедры физической электроники. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Тел.:** 988 00 35 88

Ҳамроқулов Раҷабмурод Бадридинович – Таджикский национальный университет, к.ф.- м.н., доцент кафедры физической электроники. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Тел.:** (+992) 904 16 07 75

Акобирова Азиза Тошпулатовна – Таджикский национальный университет, к.ф.-м.н., доцент кафедры физической электроники. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** Aziza.akobirova@mail.ru. **Тел.:** (+992) 907 91 76 26

Information about the authors: *Sultonov Nizom* – Tajik National University, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Physical Electronics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** 988 00 35 88

Hamrokulov Rajabmurod Badridinovich – Tajik National University, Ph.D., associate professor of the Department of Physical Electronics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** (+992) 904 16 07 75

Akobirova Aziza Toshpulatovna – Tajik National University, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Electronics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** Aziza.akobirova@mail.ru. **Phone:** (+992) 907 91 76 26

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ИЗОТОПОВ В СОСТАВЕ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ И ПОЧВ ВЫСОКОГОРНЫХ ЗОН ТАДЖИКИСТАНА*Каюмов А.К., Абдуллаев С.Ф. *, Каюмова Д.А.*

Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана»,

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

Техногенное загрязнение негативно влияет на состояние окружающей среды. Основные источники загрязнения атмосферы – это тепловые электростанции (27%), предприятия черной металлургии (24.3%), предприятия по добыче и переработке нефти (15.5%), транспорт (13.1%), предприятия цветной металлургии (10.5%), а также предприятия по добыче и изготовлению строительных материалов (8.1%), и химическая промышленность (1.3%) [1,3; 2,2; 3,4; 4,5; 6,2]. Республика Таджикистан расположена в глобальном пылевом поясе, на пути таких источников пыли как пустыни Аралкум, Кызылкум, Каракум, Дашти Кабир, Дашти Лут, Сахара, а также Гоби и Такла – Макан. Пылевые бури, образующиеся в этих пустынях, вторгаются на территорию Таджикистана через южные и западные границы страны ежегодно с апреля по ноябрь. В условиях глобального потепления наблюдается деградация ледников. Таяние ледников под воздействием пылевого загрязнения в условиях глобального потепления сильно влияет на водные ресурсы Таджикистана и всей Центральной Азии в целом, поскольку трансграничные, жизненно важные реки Амударья и Сырдарья питаются талой водой этих ледников. Это создает широкие возможности для изучения физических явлений в запыленной атмосфере высокогорной зоны. Поэтому дополнительно к другим факторам, исследование загрязнения атмосферы высокогорной зоны Таджикистана аэрозолем актуально для понимания и решения таких проблем, как региональный и глобальный трансграничный перенос аэрозоля, в плане оценки таяния ледников при осаждении частиц содержащие изотопы и тяжелые металлы (ТМ) при пылевых вторжениях.

Целью работы являлось изучение содержания тяжелых металлов и изотопов в пробах почв и атмосферного аэрозоля в высокогорных условиях Таджикистана.

Материалы и методики. Анализы проводились для различных проб почв и атмосферного аэрозоля на территории Таджикистана. При сборе образцов фиксировались координаты места сбора проб, производились упаковка, маркировка и транспортировка в лабораторию для дальнейшего изучения. Пробы очищаются в лабораторных условиях от инородного материала и размельчаются до порошкообразного вида, затем просеиваются через сито с сеткой 1 мм, упаковываются в стеклянные сосуды для хранения и исследования. Для изучения элементного состава проб использован метод рентгенофлуоресцентного анализа. Измерения проводились на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» (ООО «СПЕКТРОН», г. Санкт-Петербург) [7,3,5; 8,3; 9,2]. Для изучения изотопного состава проб использован метод гамма-спектрометрического анализа. Измерения проводились на гамма-спектрометре на основе детектора из чистого алюминия фирмы «Камберра» [7,3,9; 10,2].

Обсуждение полученных результатов. В таблицах 1 - 4 приведены данные изотопного и элементного состава проб почв и атмосферного аэрозоля Таджикистана. Проведенные анализы изотопного и элементного состава проб почв и атмосферного аэрозоля указывают, на то, что в высокогорных зонах концентрация изотопного и элементного состав выше, чем в долинах (см. табл.1 - 6).

Табл 1. Статистические данные содержания изотопов в почвах и атмосферном аэрозоле по всем пробам Таджикистана (2007-2019 гг.)
Table 1. Statistical data of the content of isotopes in soils and atmospheric aerosol for all samples of Tajikistan (2007-2019)

Изотопы	Почва (112 проб)			Атмосферный аэрозоль (122 проб)		
	<C>	C _{max}	C _{min}	<C>	C _{max}	C _{min}
Pb -214	45	51	31	37	121	3
Bi -214	51	77	21	35	272	2
Ac- 228	51	58	41	58	237	14
Pb -212	78	130	33	42	295	5
Tl -208	53	73	30	30	72	1
K -40	1718	292	465	752	3098	3
Th-234	296	527	65	47	79	27
Ra -226	595			106	185	48
Pb -210	558	950	228	1054	3480	67
Cs -137	53	83	-	15	64	0,17
Be-7	26	-	-	2243	3645	27

Из табл.1 и 2, видно, что содержания изотопов в составе проб атмосферного аэрозоля значительно выше, чем в пробах почвы Таджикистана, что доказывает вторжения радиоактивных частиц атмосферными потоками в результате дальнего переноса.

Табл 2. Среднее содержания изотопов в пробах почв
Table 2: Average isotope content in soil samples

Изотопы	Памир (Джелонди)	Дехмой	Ашт
Pb -214	53	32	31
Bi -214	77	24	21
Ac- 228	41	42	40
Pb -212	130	33	34
Tl -208	73	34	30
K -40	2920	465	524
Th-234	526	80	65
Ra -226	595	-	-
Pb -210	497	249	950
Cs -137	83	-	-
Be-7	26	-	-

Чем выше точка отбора проб почв, тем выше содержания изотопов, что возможно связано с более значительным осаждением субмикронных частиц в высокогорьях, за исключением изотопа Рb-210 в Аште (наличие выбросов промышленных предприятий и открытых хвостохранилищ в регионе) и Ac-228 в Дехмое.

Из таблицы 3, видно, что содержание тяжелых металлов Рb, Zn и Cu в составе проб атмосферного аэрозоля немного больше чем в пробах почвы, а остальные элементы немного меньше.

Табл 3. Статистические данные содержания тяжелых металлов в пробах почв и атмосферного аэрозоля (2007-2019 гг.)
Table 3 Statistical data of the content of heavy metals in samples of soils and atmospheric aerosol (2007-2019)

Элемент	Атмосферный аэрозоль (122 проб)			Почва (112 проб)		
	<C>	C _{max}	C _{min}	<C>	C _{max}	C _{min}
Sr	195	416	110	214	458	45
Pb	39	232	5	27	96	15
As	23	154	5	67	266	2
Zn	157	685	51	138	395	21
Cu	53	154	31	49	112	26
Ni	33	78	12	42	66	9
Co	12	28	2	18	44	4
Fe ₂ O ₃	3	7	2	4	6	1
MnO	643	980	232	794	1467	247
Cr	100	116	7	104	130	48
V	70	129	3	95	208	3
TiO ₂	0,5	0,9	0,01	0,7	1,2	0,01

Чем выше точка отбора проб почв, тем выше содержания тяжелых металлов, что возможно связано с более значительным осаждением субмикронных частиц в высокогорьях (табл. 4).

Анализ табл. 5 - 6, указывает на то, что содержание свинца превышает ПДК 1,13 раза, и Кларка почвы 3,6 раза, содержание мышьяка превышает ПДК 133 раза, и Кларка почвы 44 раза, содержание цинка превышает ПДК 4 раза, и Кларка почвы 8 раза, содержание титана превышает ПДК 25 раза, и Кларка почвы 3 раза, содержание MnO превышает ПДК 2,5 раз, и Кларка почвы 4,4 раза, содержание ванадия превышает ПДК и Кларка почвы 2 раза, содержание остальных элементов не превышают значения ПДК и Кларка почвы.

Табл 4. Данные содержания тяжелых металлов в пробах почв
Table 4: Heavy metal content in soil samples

Элемент	Дехмой	Памир	
		(Джелонды)	Ашт
Sr	149	99	163
Pb	7	30	15
As	29	34	20
Zn	196	129	57
Cu	46	42	47
Ni	10	38	21
Co	1,2	15	9
Fe ₂ O ₃	10	6	3
MnO	143	785	144
Cr	93	110	93
V	78	199	68
TiO ₂	0,1	0,85	0,01

Тревожным является высокое содержания мышьяка и свинца в некоторых пробах из-за их токсичности так, как они могут поступать в почву и растительность, и также в питьевую воду, которую употребляет население.

Табл 5. Содержание ТМ в составе почв высокогорных регионов Таджикистана, 112 проб (2007-2019 гг.)
 Table 5. The content of heavy metals in the soil composition of the high regions of Tajikistan, 112 samples (2007-2019)

Местность	r	S	b	P	s	n	Z	u	i	N	o	e ₂ O ₃	nO	M	Cr	iO ₂
Памир, Рушан, Баджу	28,37	1	6,61	2	66,00	95,00	3	3,73	66,00	4,97	5,51	737,16	110,34	163,00	1,23	
Памир, Ак-Архар	230,00	36,03	35,00	149,00	44,08	9,00	3,00	2,88	699,97	108,22	6,00	0,72				
Памир, Шпат	107,09	18,32	26,55	62,15	44,22	48,27	16,28	5,08	860,71	110,38	65,44	0,71				
Памир, Ахвез	111,29	20,89	14,00	79,33	43,13	25,18	15,69	5,75	3700,84	104,79	124,01	0,75				
Памир, Сипиш	111,58	27,65	,59	51,22	45,66	13,55	10,75	2,43	522,79	101,06	71,89	0,31				
Мургаб, Чечекти	98,52	8,38	40,63	90,25	43,58	40,82	12,64	3,96	925,25	101,22	97,31	0,60				
Шугнан, Джелонды	99,33	29,66	33,68	129,53	42,54	37,09	5,47	5,77	785,39	110,60	199,19	0,85				
Ишкашим Афганистан	97,54	8,81	5,07	85,26	2,87	41,23	4,99	4,58	703,25	98,08	88,88	0,63				
Каракуль_1	186,71	22,68	8,43	49,72	47,32	20,29	8,17	2,47	143,81	93,04	76,35	-				
Каракуль_2	190,58	16,84	9,25	42,55	47,67	18,39	7,19	2,44	144,64	93,23	59,62	-				
Каракуль_3	163,91	16,89	22,38	36,34	48,38	9,64	5,78	2,22	143,58	93,24	81,52	-				
Искандаркуль_1	168,00	11,00	26,50	89,90	45,50	38,70	12,70	5,37	145,00	94,80	3,00	0,15				
Искандаркуль_2	152,00	20,90	199,00	63,90	45,50	27,60	5,28	5,33	146,00	95,70	27,30	0,06				
Дегмой	149,50	7,40	28,80	196,50	46,20	10,30	1,20	9,80	143,20	93,20	78,10	0,10				
Ашт	162,70	13,80	19,50	56,70	47,10	21,20	9,00	2,70	143,90	93,10	67,60	-				
Среднее	143,43	19,38	7,01	101,12	45,08	29,21	11,07	4,66	587,79	99,88	84,90	0,48				

Табл 6. Статистические характеристики тяжелых металлов в составе почв высокогорных регионов Таджикистана 112 проб (2007-2019гг.)
Table 6. Statistical characteristics of heavy metals in the soils of the high mountains of Tajikistan 112 samples (2007-2019)

TM	Ma ксимум	M инимум	П ДК	K ^{почв}	Cmax/ПДК	Cmax/Kпочв
Sr	230	97,54		3 00	-	0,77
Pb	36,03	7,4	32	10	1,13	3,6
As	266	7,59	2	6	133	44,33
Zn	395	36,34	100	50	3,95	7,9
Cu	48,38	42,54	55	20	0,88	2,42
Ni	66	9	100	40	0,66	1,65
Co	23	1,2	25	8	0,92	2,88
Fe ₂ O ₃	9,8	2,22	-	3,8	-	2,58
MnO	3700,84	143,2	1500	850	2,47	4,35
Cr	110,6	93,04	100	150	1,11	0,74
V	199,19	3	100	100	1,99	1,99
TiO ₂	1,23	0,06	0.05	0.46	24,6	2,7

Закключение. Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что:

- в высокогорных зонах концентрация изотопного и элементного составов выше, чем в долинах;

- содержание изотопов в составе проб атмосферного аэрозоля значительно выше, чем в пробах почвы Таджикистана, что доказывает вторжения радиоактивных частиц атмосферными потоками в результате дальнего переноса;

- чем выше точка отбора проб почв, тем выше содержание изотопов, что возможно связано с более значительным осаждением субмикронных частиц в высокогорьях, за исключением изотопа Рb-210 в Аште (наличие выбросов промышленных предприятий и открытых хвостохранилищ в регионе) и Ас-228 в Дехмое;

- содержание тяжелых металлов Рb, Zn и Cu в составе проб атмосферного аэрозоля немного больше чем в пробах почвы, а остальные элементы немного меньше;

- чем выше точка отбора проб почв, тем выше содержания тяжелых металлов, что возможно связано со значительным осаждением субмикронных частиц в высокогорьях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lantry R.S., Mackensie F.T. - Geochim. et Cosmochim. Acta. 1979, v.43. - P. 511-525.
2. Lisk D.J. - Adv. Agron.1972, v. 24. – P. 267-325.
3. Valerio F., Brescianini C., Lastraioli S. - Int. J. Environ. Anal. Chem. 1989, v.35. – P. 101-110.
4. Альтушлер И.И. Загрязнение атмосферы Земли / И.И. Альтушлер, Ю.П. Ермаков / Актуальные проблемы природной среды за рубежом. - М.: Изд-во МГУ, 1976. – С.19-42.
5. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях/ Кабата-Пендиас А., Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
6. Назаров Б.И. Атмосферный аэрозоль Центральной Азии/ Б.И.Назаров, С.Ф.Абдуллаев, В.А. Маслов. – Душанбе: Дониш, 2017. – 416 с.

7. Абдуллаев С.Ф. Содержание элементов в пробах почв и пылевого аэрозоля в Таджикистане/ С.Ф.Абдуллаев, В.А.Маслов, Б.И.Назаров, У.Мадвалиев, Т.Давлатшоев. - Оптика атмосферы и океана, 2015, т. 28, №02. – С.143-152.
8. Абдуллаев С.Ф. Элементный состав почв и пылевого аэрозоля юго-центральной части Таджикистана/ С.Ф.Абдуллаев, В.А.Маслов, Б.И.Назаров, У.Мадвалиев, Т. Давлатшоев. - Оптика атмосферы и океана, 2015, т. 28, №03. – С.246-255.
9. Абдуллаев С.Ф. Динамика распределения элементов и изотопов в образцах почвы и пыльной мглы юга Таджикистана / С.Ф.Абдуллаев, В.А.Маслов, Б.И. Назаров. - Оптика атмосферы и океана, 2013, т. 26, № 06. – С.187-193.

REFERENCES LITERATURE

1. Lantry R.S., Mackensie F.T. - Geochim. et Cosmochim. Acta. 1979, v. 43. – P. 511-525.
2. Lisk D.J. - Adv. Agron. 1972, v. 24. – P. 267-325.
3. Valerio F., Brescianini C., Lastraioli S. - Int. J. Environ. Anal. Chem. 1989, v. 35. – P. 101-110.
4. Altushler I.I. Pollution of the Earth's atmosphere / I.I. Altushler, Yu.P. Ermakov / Actual problems of the natural environment abroad. - M.: Publishing house of Moscow State University, 1976. – P.19-42.
5. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants / Kabata-Pendias A., H. Pendias. - M.: Mir, 1989. – 439 p.
6. Nazarov B.I. Atmospheric aerosol of Central Asia / B. I. Nazarov, S. F. Abdullaev, V. A. Maslov. - Dushanbe: Donish, 2017. – 416 p.
7. Abdullaev S.F. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., Madvaliev U., Davlatshoev T., Element content in soil and dust aerosol samples in Tajikistan. - Optics of the atmosphere and ocean, 2015, v. 28, No. 02. - P. 143-152.
8. Abdullaev S.F. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., Madvaliev U., Davlatshoev T., Elemental composition of soils and dust aerosol in the south-central part of Tajikistan. - Optics of the atmosphere and ocean, 2015, vol. 28, No. 03. - P.246-255.
9. Abdullaev S.F. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Maslov B.I., Dynamics of the distribution of elements and isotopes in soil and dusty haze samples from the south of Tajikistan. Nazarov. - Optics of the atmosphere and ocean, 2013, vol. 26, No. 06. - P.187-193.

ТАҲЛИЛИ ОМОРИИ ТАРКИБИ ИЗОТОПҶО ВА МЕТАЛЛҶОИ ВАЗНИН ДАР НАМУНАҶОИ АЭРОЗОЛИ АТМОСФЕРА ВА ҲОКИ КҶҲИСТОНИ ТОҶИКИСТОН

Дар мақола натиҷаҳои таҳлили таркиби изотопҷо ва металлҷои вазнин дар намунаҳои аэрозоли атмосфера ва хок оварда шудаанд. Тавсифи омории таркиби металлҷои вазнин (МВ) дар таркиби намунаҳои аэрозоли атмосфера ва хокҳои минтақаи баландкӯҳи Тоҷикистон таҳлил карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки таркиби изотопҷо ва МВ дар таркиби намунаҳои аэрозоли атмосфера назар ба хок зиёдтаранд, ки ин интиқоли дурдасти чузъҳоро тавассути селҳои ҳавойи нишон медиҳад. Муайян карда шуд, ки миқдори изотопҷо ва МВ дар таркиби чузъҳои муҳити зист аз нуқтаи чамбоварии намунаҳо бо баланди зиёдтар аст ва он саҳми назарраси зарраҳои субмикрониро нишон медиҳад, ки сарчашмаи онҳо метавонанд бо ҳамлу нақли онҳо аз масофаҳои дур алоқаманд бошад.

Калидвожаҳо: аэрозол, хок, изотопҷо, металлҷои вазнин, минтақаи кӯҳӣ, воридшавии хок.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ИЗОТОПОВ В СОСТАВЕ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ И ПОЧВ ВЫСОКОГОРНЫХ ЗОН ТАДЖИКИСТАНА

В работе приведены результаты анализа содержания изотопов и элементов в составе проб атмосферного аэрозоля и почвы. Анализированы статистические характеристики содержания тяжелых металлов (ТМ) в составе проб атмосферного аэрозоля и почв высокогорной зоны Таджикистана. Установлено, что содержания изотопов и ТМ в составе проб атмосферного аэрозоля больше чем в почве, что свидетельствует об отдаленном переносе этих компонентов воздушными потоками. Выявлено, что чем выше точка отбора проб, тем больше содержания изотопов и ТМ в составе компонентов окружающей среды, что свидетельствует о вкладе субмикронных частиц, источники которого может быть связаны с отдаленным переносом.

Ключевые слова: аэрозоль, почва, изотопы, тяжелые металлы, высокогорная зона, пылевые вторжения.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE CONTENT OF HEAVY METALS AND ISOTOPES IN THE COMPOSITION OF ATMOSPHERIC AEROSOL AND SOILS OF HIGH ALTITUDE ZONES OF TAJIKISTAN

The paper presents the results of the analysis of the content of isotopes and elements in the composition of atmospheric aerosol and soil samples. The statistical characteristics of the content of heavy metals (HM) in the composition of samples of atmospheric aerosol and soils of the high mountains of Tajikistan are analyzed. It is established that the content of isotopes and HM in the composition of samples of atmospheric aerosol is greater than in the soil, which indicates the distant transportation of these components by atmospheric flows. It was found that the higher the sampling point, the higher the content of isotopes and HM in the

composition of the environmental components, which indicates the contribution of submicron particles whose source may be associated with remote transportation.

Keywords: aerosol, soil, isotopes, heavy metals, alpine zone, dust intrusions.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Қаюмов Абдулхамид* – академики МАНЭБ, профессор, директори муассисаи давлатии илмии Маркази омӯзиши пирахҳои АМИТ. Суроға: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, 734025, хиёбони Рудаки, 33. Телефон: 93 999 91 72. E-mail: abdkaumov@mail.ru

Абдуллоев Сабур Фузайлович – д.и.ф.-м, мудири озмоишгоҳи физикаи атмосферии ИФТ ба номи С. У. Умарови Академияи миллии илмҳои ҚТ, 734063, г. Душанбе. ул. Аини, 299/1, тел. 93 489 60 14, E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com

Қаюмова Дилором Абдулхамидовна – н.и.т, мудири озмоишгоҳи сифати об, изотопҳо ва санитарии муассисаи давлатии илмии «Маркази омӯзиши пирахҳои АМИТ. Суроға: 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, 734025, хиёбони Рудаки, 33. Телефон: 985 20 46 47 E-mail: abdkaumov@mail.ru

Сведения об авторах: *Қаюмов Абдулхамид* – Академик МАНЭБ, профессор, директор Государственного научного учреждения «Центр изучения ледников Академии наук Республики Таджикистан» 734063, г. Душанбе. пр. Рудаки 33, тел. 93 999 92 72, E-mail: abdkaumov@mail.ru

Абдуллаев Сабур Фузайлович – доктор физико-математических наук, заведующей лабораторией физики атмосферы ФТИ им. С. У. Умарова АН РТ, 734063, г. Душанбе. ул. Аини, 299/1, тел. 93 489 60 14, E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com

Қаюмова Дилором Абдулхамидовна – кандидат, медицинских наук, заведующей лабораторией качества воды, изотопов и санитарии Государственного научного учреждения «Центр изучения ледников Академии наук Республики Таджикистан» 734063, г. Душанбе. пр. Рудаки 33, тел. 985 20 46 47, E-mail: abdkaumov@mail.ru

Information about the authors: *Kayumov Abdulhamid* – Academician of the MANEB, professor, director of the State Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan" 734063, Dushanbe. Rudaki Ave. 33, tel. 93 999 92 72, E-mail: abdkaumov@mail.ru

Abdullaev Sabur Fuzailovich – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory of Atmospheric Physics, Physics and Technology Institute named after S. U. Umarova AN RT, 734063, Dushanbe. st. Aini, 299/1, tel. 93 489 60 14, E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com

Kayumova Dilorom Abdulkhamidovna – candidate of medical sciences, head of the laboratory for water quality, isotopes and sanitation of the State Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan" 734063, Dushanbe. Rudaki Ave. 33, tel. 985 20 46 47, E-mail: abdkaumov@mail.ru

*Самиев С.Б. *, Абдуллаев С. Ф., Сафаров М.Т. *, Маслов В. А.*
Физико-технический институт им. С.У.Умарова НАНТ
***Агентство по Гидрометеорологии Республики Таджикистан**

Таджикистан расположен в глобальном пылевом поясе на пути распространения пыли от некоторых основных источников пыли, таких как пустыня Аралкум высыхающего Аральского моря, пустыни Кызылкум и Каракум к востоку от Каспийского моря, Иранская пустыни Дашт-и-Кавира и Дашт-и-Лута, а также пустыни в Афганистане, пустыне Сахара, Гоби и Такламакан [1-4]. Поэтому Таджикистан часто страдает от сильных пылевых вторжений ежегодно (с апреля по ноябрь) и является чистым накопителем пыли [5-7]. Таджикистан является страной с сухим климатом и пользуется своими водными ресурсами в горном Памирском регионе, которые в значительной степени хранятся в ледниках. Кроме того, Центральная Азия и особенно Таджикистан сильно страдает от последствия изменения климата. Например, в последние десятилетия произошло резкое сокращение ледников (за последнее 40 лет около 1000 ледников полностью исчезли), что также сказывается на водных ресурсах Таджикистана и всей территории Центральной Азии. Поскольку трансрегиональные важные реки, такие как Амударья и Сырдарья, питаются талой водой ледника, которая первоначально питала Аральское море, которое теперь стало сильным источником пыли. С другой стороны, сама осаждаемая пыль может ускорить таяние ледника, изменяя альбедо поверхности ледника. Пыль поступают в столицу Таджикистана с юга и запада, и остаются в атмосфере долгое время (от 3-5 до 2 недель) из-за отсутствия осадков. Пыльные бури - часто встречающееся явление в Таджикистане. Известная засушливость региона является основным фактором, способствующим возникновению многочисленных пылевых бурь. Они оказывают множество разнообразных воздействий на окружающую среду и климат региона. Классификация пыльных бурь и синоптических условий, связанных с их образованием в Центральной Азии, обсуждается в контексте их разнообразного воздействия. Мы обращаемся к оптическим свойствам пыли, которые являются репрезентативными для региона. Пыльные бури заметно уменьшаются и создают проблему для здоровья населения. Они также оказывают значительное влияние на радиационный режим.

Ранее были проведены исследования фотоакустической [3], лазерной флуориметрии [5], ИК спектроскопии [6], элементный [7-12], изотопный [7-12], ионный [4], минералогический [4] анализ образцов пыли и почв различной зоны Таджикистана, на станции АЭРОНЕТ лаборатории физики атмосферы ФТИ им.С.У.Умарова АН РТ проведена исследование оптических и микрофизических характеристик аэрозольного загрязнения атмосферы [13-19], влияния аэрозоля на урожайность сельскохозяйственных культур [20-22] и лидарное зондирования атмосферы [23-25].

В этой статье представлено мониторинг качества воздуха: изменение PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀ и TSP за период 2010-2019 гг. в г. Душанбе; Исследование CO, SO₂, NO, NO₂, и NO_x за период 2015-2019 гг. в Душанбе.

Проводился постоянный мониторинг вариации твердых атмосферных аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы на территории Агентство по Гидрометеорологии Республики Таджикистан (координаты: широта 38°34'06.76"с.ш., долгота 68°46'50.99"в.д. высота 824м). Изучение качества воздуха на постоянной основе организовано с конца 2015 года с помощью оборудования и пылемеров Остирис и анализаторов газовых компонентов. Мониторинг проводится ежедневно. На рис 1 представлены результаты суточной вариации загрязняющих веществ CO, NO, NO₂, NO_x, SO₂, TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁.

Для измерения концентрации PM1, PM2.5 и PM10 использовался пылемер Osiris Environmental Particle Monitor. Точность измерения составляет 0.1 мкг/м³. Для измерения концентрации газовых составляющих использовались следующие приборы: для CO – анализатор Thermo Scientific Model 48-i (диапазон измерения 0-100 ppm); для NO, NO₂, и NO_x – анализатор Thermo Scientific Model 42-i и компенсационный анализатор (диапазон измерения 500-1000 ppm); для SO₂ – импульсный флуоресцентный анализатор Thermo Scientific Model 43-i (диапазон измерения 50-1000 ppm). Время усреднения для всех указанных анализаторов составляет 10-300 секунд. Проводился постоянный мониторинг вариации газов в атмосфере.

ГАЗОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА

В суточном ходе концентрации CO, NO, NO₂, NO_x, SO₂, обнаружены устойчивые утренний (вблизи 10 часов) и ночной (вблизи 22 часов) максимумы. Их расположение остается неизменным даже при пылевых вторжениях.

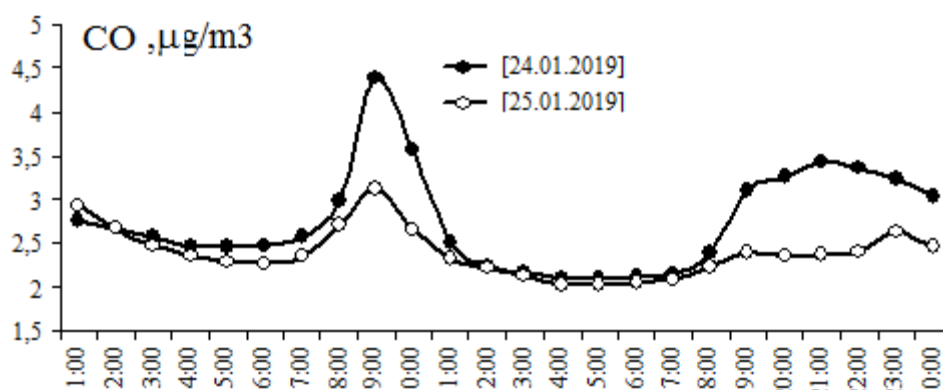


Рис.1. Ход концентрации угарного газа в течение 2 суток
Fig. 1. Carbon monoxide concentration course for 2 days

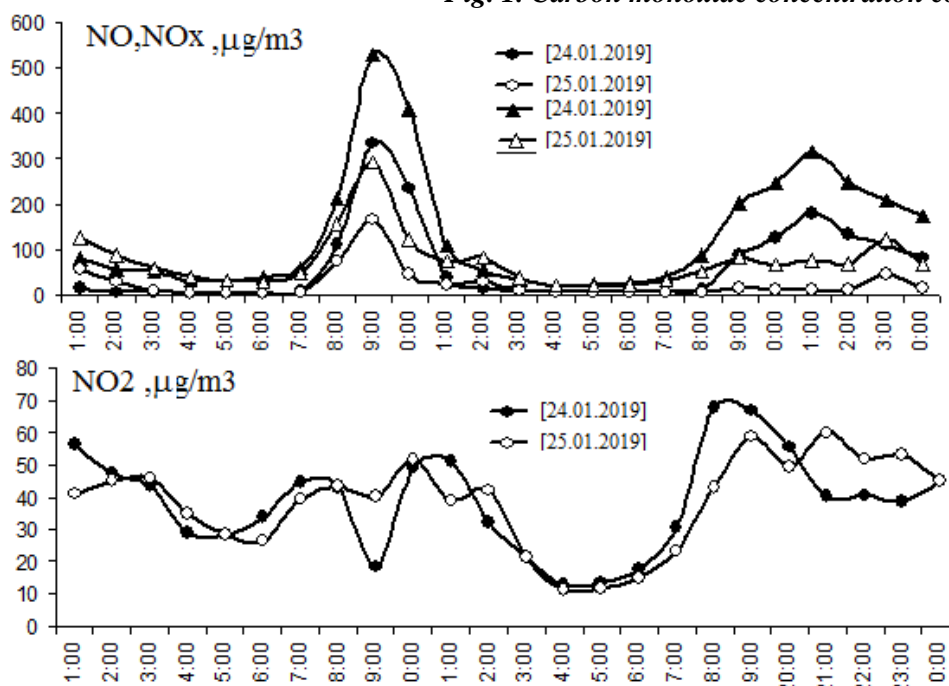


Рис.2. Ход концентрации двуокиси азота течение 2 суток
Fig. 2. Nitrogen dioxide concentration course for 2 days

Временные вариации газового состава указывают на высокие значения в холодный период года, что свидетельствует об антропогенном происхождении, связанном со сжиганием топлива (в основном, угля и мазута).

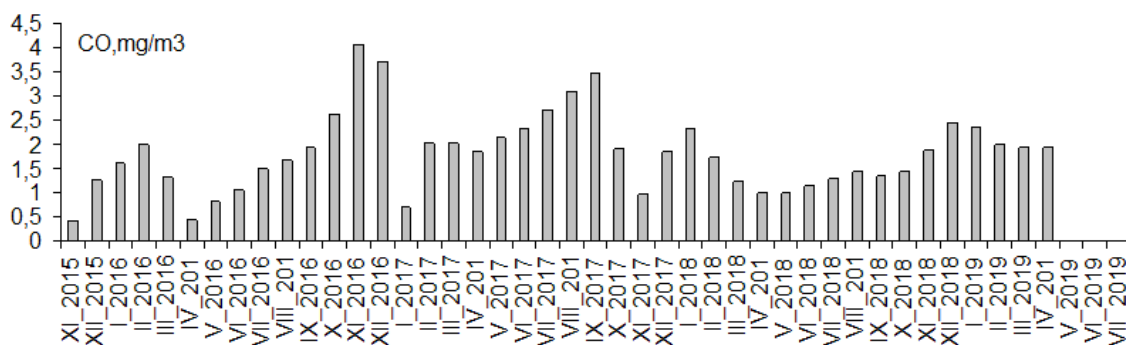


Рис.3. Ход среднемесячной концентрации угарного газа
Fig. 3. The course of the monthly average concentration of carbon monoxide

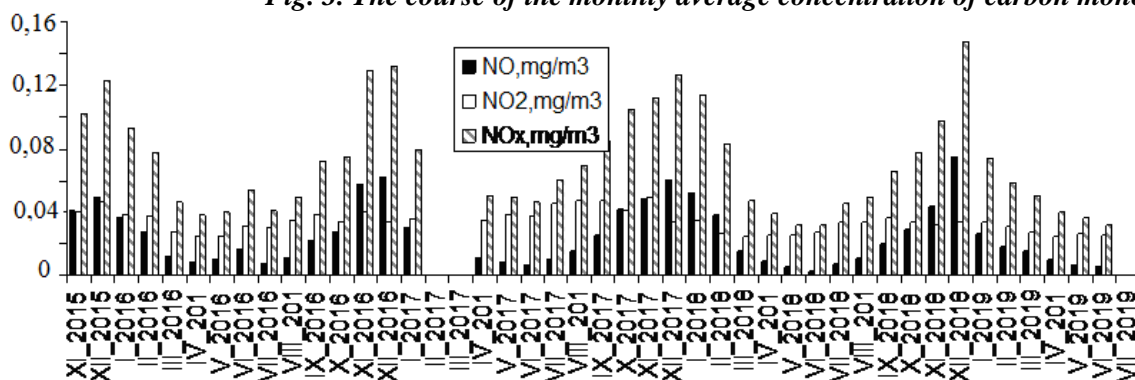


Рис.4. Ход среднемесячной концентрации оксидов азота
Fig. 4. The course of the monthly average concentration of nitrogen oxides

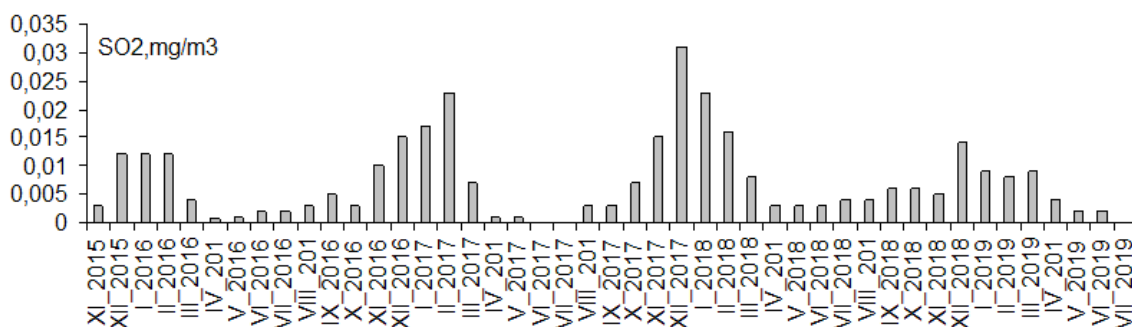


Рис.5. Ход среднемесячной концентрации двуокиси серы
Fig. 5. The course of the monthly average concentration of sulfur dioxide

В сезонном ходе обнаружены высокие концентрации газовых компонентов загрязнений в осенне-зимний период, весной атмосфера является самой чистой. Судя по сезонным вариациям, это правило справедливо для CO, NO, NO₂, NO_x. Обнаружено, что концентрации SO₂ очень высокие зимой и очень низкие – летом. Сезонный ход концентраций газов определен путем вычисления среднесезонных значений, начиная с зимы 2015 по осень 2019 года.

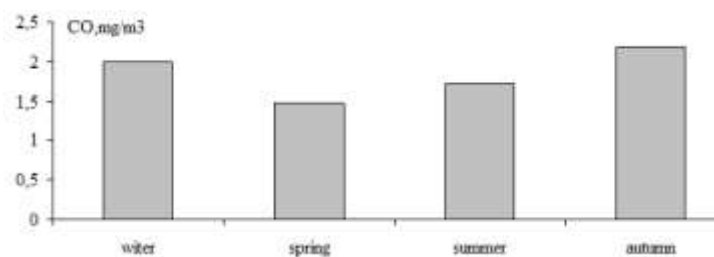


Рис.6. Ход среднесезонной концентрации угарного газа

Fig. 6. The course of the average seasonal concentration of carbon monoxide

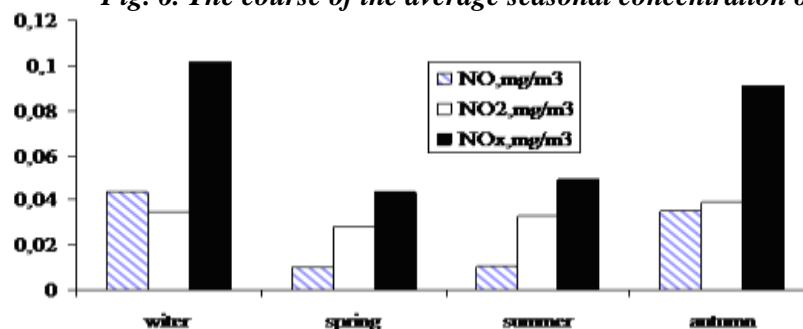


Рис.7. Ход среднесезонной концентрации оксидов азота

Fig. 7. The course of the average seasonal concentration of nitrogen oxides

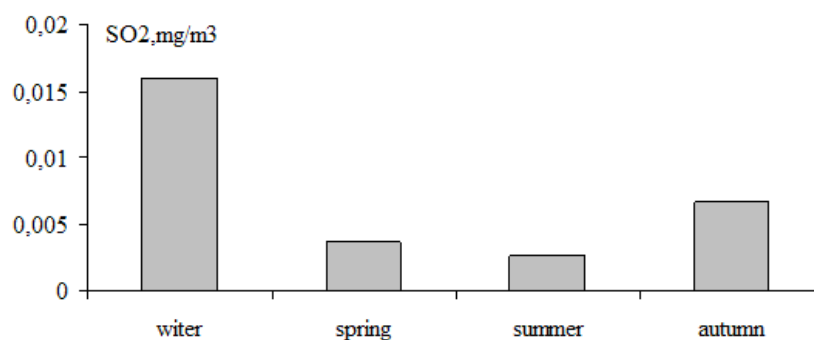


Рис.8. Ход среднесезонной концентрации двуокиси серы

Fig. 8. The course of the average seasonal concentration of sulfur dioxide

Межгодовой ход указывает, что самые высокие концентрации газовых компонентов атмосферы были в 2017 году. Высокие значения концентрации в 2015 являются скорее сезонными, поскольку включают только концентрации за ноябрь и декабрь 2015 года.

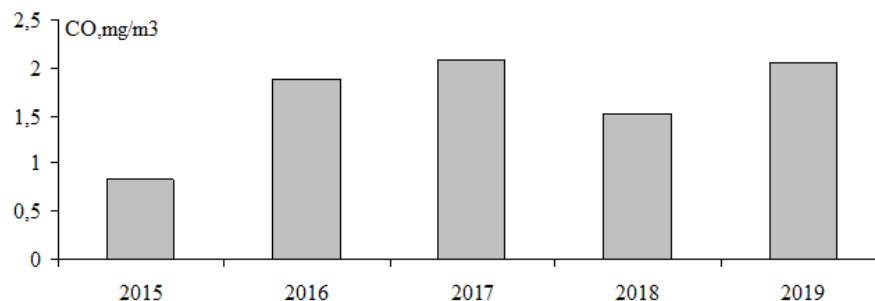


Рис.9. Межгодовой ход концентрации угарного газа

Fig. 9. Interannual variation of carbon monoxide concentration

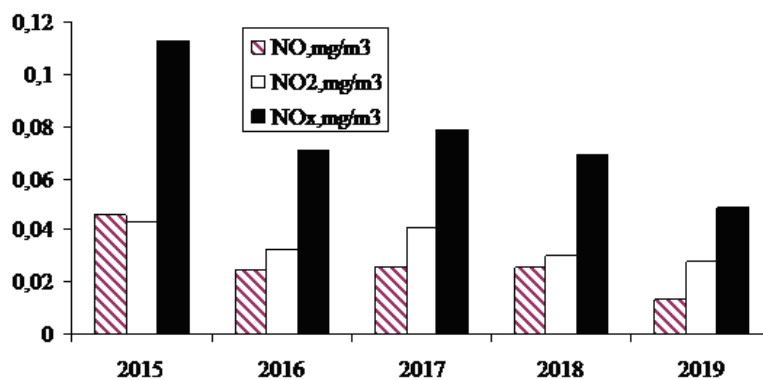


Рис.10. Межгодовой ход концентрации оксидов азота
Fig. 10. Interannual variation of nitrogen oxide concentration

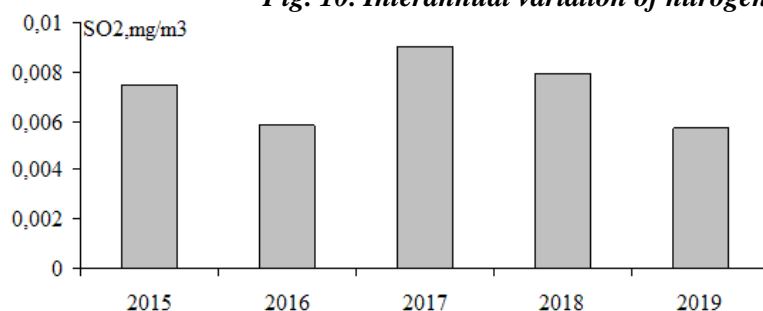


Рис.11. Межгодовой ход концентрации двуокиси серы
Fig.11. Interannual variation of sulfur dioxide concentration

АЭРОЗОЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

В суточном ходе вариации взвешенных частиц PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ и TSP наблюдается картина, подобная ходу концентрации газовых компонентов: имеют место утренние и ночные максимумы концентраций частиц.

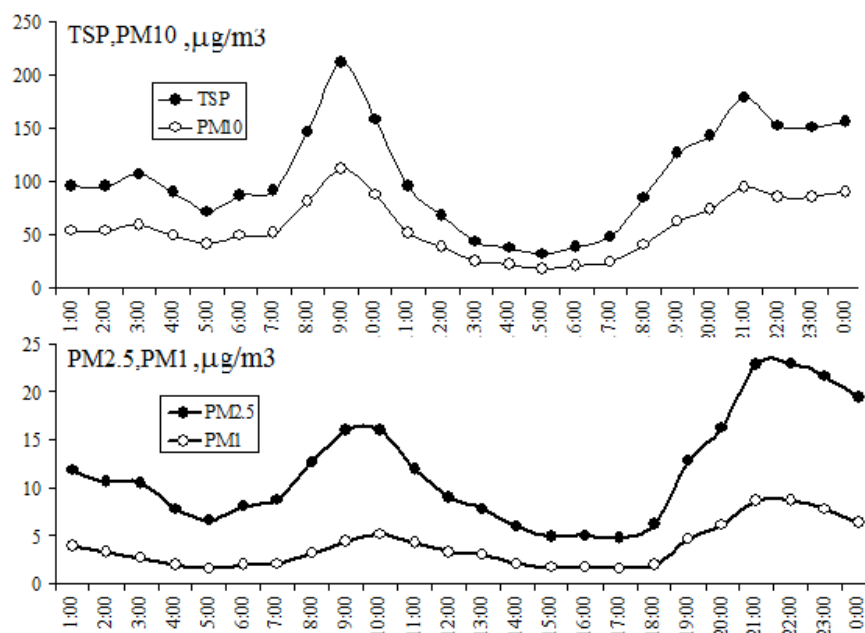


Рис.12. Суточный ход концентрации аэрозольных частиц разного размера
Fig. 12. Diurnal variation of concentration of aerosol particles of different sizes

Сравнение массовой концентрации PM2.5 и аэрозольной оптической толщины τ обнаруживает их взаимосвязь в виде зависимости с высоким значимым значением коэффициента корреляции 0.8 (Рис).

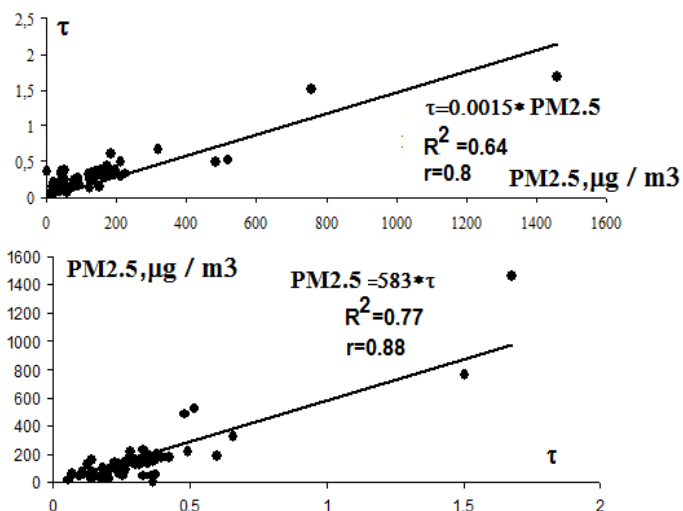
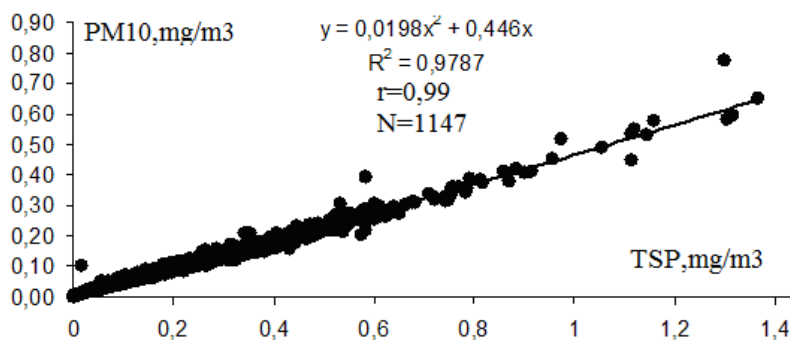


Рис. 13. Корреляции аэрозольной оптической толщины с концентрацией частиц
Fig. 13. Correlation of aerosol optical depth with particle concentration

Исключая данные, относящиеся к дням с пылевыми эпизодами, для фоновых дней обнаружена массовых концентраций различного вида частиц в виде зависимостей со значимыми коэффициентами корреляции. Отметим, что при пылевых вторжениях соотношения между параметрами сильно изменяются. Для 1147 измерений между PM10 и TSP получено уравнение с очень высоким коэффициентом корреляции (0.99), для PM1 и PM2.5 получено уравнение с очень высоким коэффициентом корреляции (0.79) для PM2.5 и PM10 получено уравнение с высоким коэффициентом корреляции (0.74).



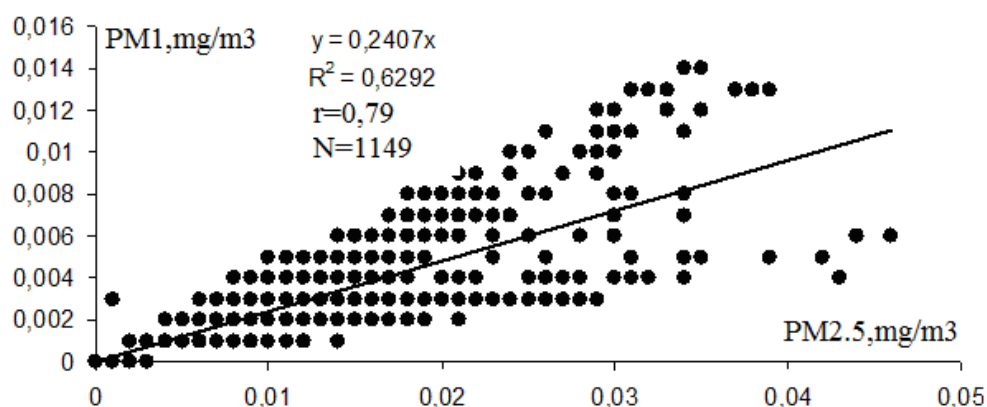
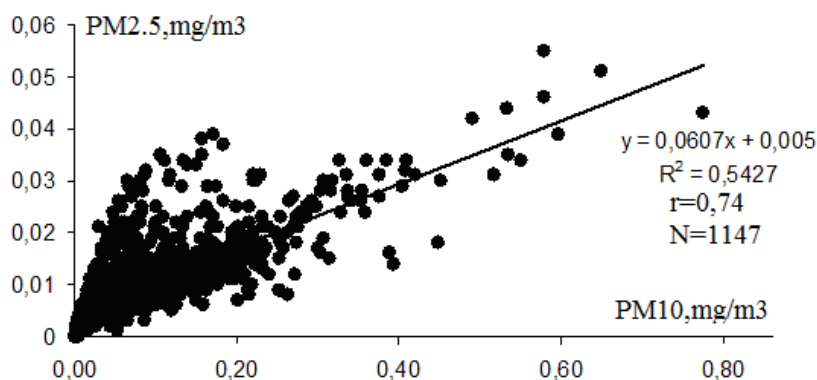


Рис. 14. Корреляции концентраций частиц разного размера
Fig.: 14. Correlation of concentrations of particles of different sizes

Пользуясь соотношением между PM2.5 и аэрозольной оптической толщиной, с помощью данных АЭРОНЕТ, удалось восстановить отсутствующие данные по PM2.5. Месячные вариации с августа 2010 по июль 2019 представлены на рис.

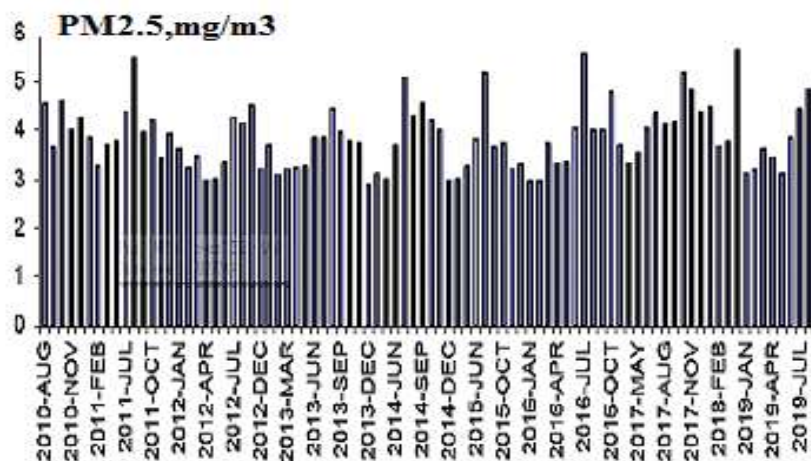


Рис.15. Вариации среднемесячных концентраций PM2.5
Fig. 15. Variations in monthly average concentrations of PM2.5

Сезонные вариации PM2.5 характерны высокими значениями летом и осенью, что связано с пылевыми вторжениями. Межгодовые изменения сезонных вариаций наблюдаются для частиц менее 2.5 мкм. Наиболее высокие в году значения PM2.5 зафиксированы осенью 2012, 2017-2019 гг и летом 2010-2011 гг, 2013-2016 гг.

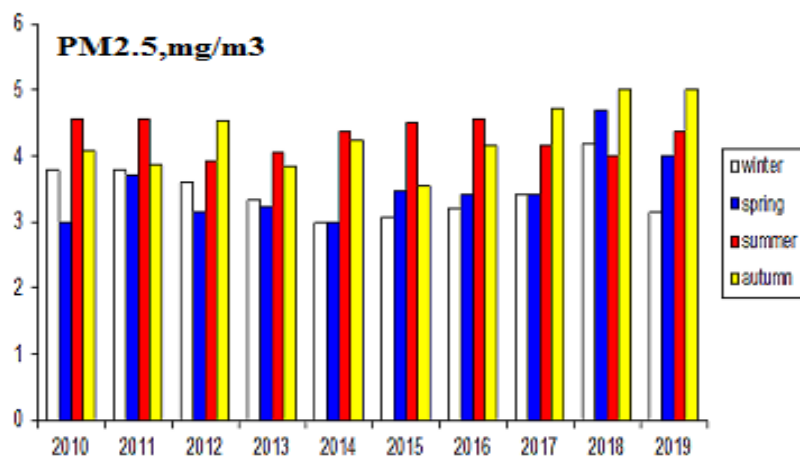


Рис.16. Межгодовые вариации среднесезонных концентраций PM2.5
Fig. 16. Interannual variations in mean seasonal concentrations of PM2.5

Межгодовой ход PM2.5 свидетельствует о наиболее высокой средней концентрации мелких частиц в 2010 и 2017 годах, что связано с более высоким загрязнением атмосферы в эти годы (см. рис.18., по динамике AOT).

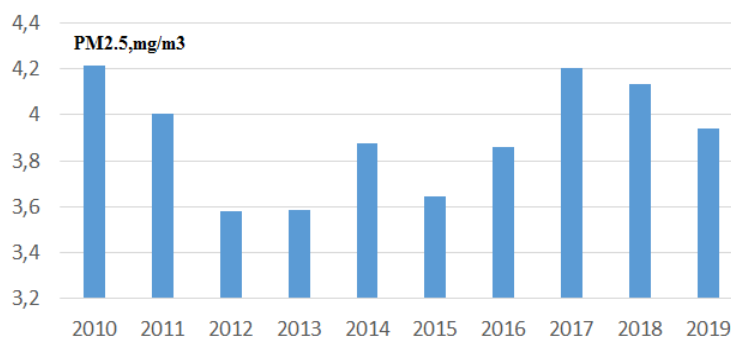


Рис.17. Межгодовой ход средней концентрации аэрозольных частиц PM2.5
Fig. 17. Interannual variation of the average concentration of aerosol particles PM2.5

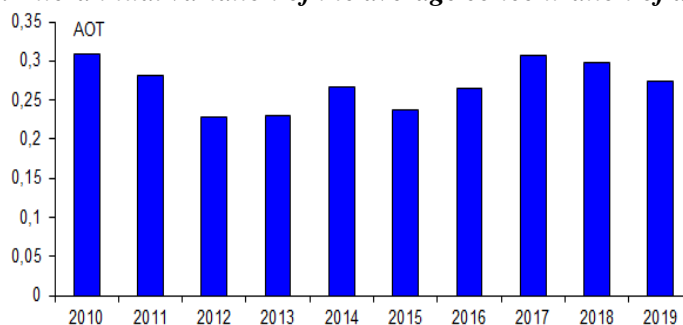


Рис.18. Межгодовой ход AOT
Fig. 18. Interannual variation of AOT

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы.

1. В теплый период года атмосфера г. Душанбе загрязнена крупнодисперсными фракциями твердых атмосферных аэрозольных частиц PM10 что связано с пылевыми вторжениями от юго-западной части страны.

2. В холодный период года атмосфера г. Душанбе загрязнена субмикронными частицами PM1 и PM2.5, что связано преимущественно с выбросами сажи от ТЭЦ, цементного завода и транспорта.

3. Для 1555 измерения установлено, что доля взвешенных атмосферных аэрозольных частиц PM2.5 в составе PM10 составляет 21,92 %, доля взвешенных атмосферных

аэрозольных частиц PM₁ в составе PM₁₀ составляет 14,65%, доля взвешенных атмосферных аэрозольных частиц PM₁ в составе PM_{2.5} составляет 66,8%.

4. Коэффициент корреляции между PM₁ и PM_{2.5} и между PM₁₀ и PM_{2.5} в атмосфере г. Душанбе составляет -0.85.

ЛИТЕРАТУРА// REFERENCES LITERATURE

1. Golitsyn G.S. Shukurov A.Kh., Abdullaev S.F., Nazarov B.I. On the surface are cooling due too dust atmospheric turbidity // in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. St. Petersburg. Hydrometeoizdat 1993. P. 67-78.
2. Shukurov A.Kh., Nazarov B.I., Abdullaev S.F., Pirogov S.V. On optical depth ratios of dust aerosol in visible and infrared spectra regions // in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. 1993. P. 83-88.
3. Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Shukurov A.Kh., Zhuraev A.M. Microphysical properties of arid aerosol dust aerosol // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. 1995.V. 38. No. 7-8. p. 5-9.
4. Nazarov B.I., Abdullaev S.F., Maslov V.A. Atmospheric aerosol of Central Asia. Dushanbe: Donish, 2017.416 p
5. Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Maslov V.A. Investigation of dust aerosol and soil samples by laser fluorimetry // Optics of the atmosphere and ocean. 2012.Vol. 25., No. 7., p. 644-649.
6. Abdullaev S.F., Shukurov T., Marupov R., et al. Investigation of soil and dust aerosol samples by IR spectroscopy // Atmospheric and Ocean Optics. 2013.Vol. 26, No. 02. p. 166-171.
7. Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Maslov V.A., et al. Distribution of natural and technogenic radioactivity in soil and dust haze samples in the south of Tajikistan // Atmospheric and Ocean Optics. 2013.Vol. 26, No. 03. p. 187-193.
8. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., et al. Dynamics of the distribution of elements and isotopes in samples of soil and dusty haze of the south of Tajikistan // Atmospheric and Ocean Optics. 2013.Vol. 26, No. 06. p. 187-193.
9. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., et al. Dynamics of the distribution of heavy metals and radioactive isotopes in soil and dust aerosol samples in the south of Tajikistan // Atmospheric and Ocean Optics 2014. V. 27, No. 03. p. 207-214.
10. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., Madvaliev U., Davlatshoev T. Content of elements in samples of soils and dust aerosol in Tajikistan. // Optics of the atmosphere and the ocean. 2015.Vol. 28. No. 02.p. 143-152.
11. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., Madvaliev U., Davlatshoev T. Elemental composition of soils and dust aerosol in the south-central part of Tajikistan. // Optics of the atmosphere and the ocean. 2015.Vol. 28. No. 03. p. 246-255.
12. S.F. Abdullaev, V.A. Maslov, B.I. Nazarov, Kh.I. Kadirova, R.A. Kariyeva Isotopic composition of dust aerosol in Tajikistan // Atmospheric and Ocean Optics. 2018 vol. 31, N2, p. 114-120.
13. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., Investigation of the dust haze of the arid zone // Izvestiya of the Russian Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and the ocean. 2013.V. 49. No. 3. p. 304-313.
14. Nazarov B. I., Maslov V. A., and Abdullaev S. F., Optical and Microphysical Parameters of Arid Dust Aerosol. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 2010. V.46. N 4. p. 468–474.
15. Nazarov B. I., Abdullaev S. F., and Maslov V. A., Studies of Temperature Effects of Dust Storms Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2010. V. 46. N.4. p. 475–481.
16. Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Salikhov T.Kh., et al. Correlation of the temperature of the surface atmosphere and the optical thickness of an arid aerosol according to AERONET // Optics of the atmosphere and ocean. 2012.Vol. 25. No. 5. p. 428-433.
17. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., et al. Results of studies of water vapor content in the atmosphere of the arid zone // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics of the Atmosphere and the Ocean. 2014. v.50. No. 2. p. 205-214.
18. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., Salikhov T.Kh. Variations in the parameters of the aerosol optical depth in Dushanbe // Izvestia RAS. Physics of the Atmosphere and the Ocean 2014.T.50.№4.p. 489-491.
19. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I. Seasonal changes in atmospheric parameters in Dushanbe according to AERONET. // Optics of the atmosphere and the ocean. 2015.Vol. 28. No. 01. p. 76-85.
20. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., Effect of dust haze on cotton productivity // Agrarian Science, 2012, N 5. P.23-25
21. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., Effect of dust storms on the yield of pistachios and pasture herbs // Agrarian Science, 2012, N 12.-p.21-22
22. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I., Agrarian consequences of dust haze in the arid zone // Agrarian science 2013. N 5. p. 4-5.
23. Hofer, J., Althausen, D., Abdullaev, S.F., Makhmudov, A.N., Nazarov, B.I., Schettler, G., Engelmann, R., Baars, H., Fomba, KW, Müller, K., Heinold, B., Kandler, K., and Ansmann, A. : Long-term profiling of mineral dust and pollution aerosol with multiwavelength polarization Raman lidar at the Central Asian site of Dushanbe, Tajikistan: case studies, Atmos. Chem. Phys., 17, 14559-14577, <https://doi.org/10.5194/acp-17-14559-2017>, 2017.

24. Emmanouil Proestakis, Vassilis Amiridis, Eleni Marinou, Ioannis Binietoglou, Albert Ansmann, Ulla Wandinger, Julian Hofer, John Yorks, Edward Nowotnick, Abduvosit Makhmudov, Alexandros Papayannis, Aleksander Pietruczuk, Anna Gialitaki, Arnoud Apituley, Artur Szkop, Constantino Muñoz Porcar, Daniele Bortoli, Davide Dionisi, Dietrich Althausen, Dimitra Mamali, Dimitris Balis, Doina Nicolae, Eleni Tetoni, Gian Luigi Liberti, Holger Baars, Ina Mattis, Iwona Sylwia Stachlewska, Kalliopi Artemis Voudouri, Lucia Mona, Maria Mylonaki, Maria Rita Perrone, Maria João Costa, Michael Sicard, Nikolaos Papagiannopoulos, Nikolaos Siomos, Pasquale Burlizzi, Rebecca Pauly, Ronny Engelmann, Sabur Abdullaev, and Gelsomina Pappalardo // Atmos. Chem. Phys., 19, 11743–11764, 2019 <https://doi.org/10.5194/acp-19-11743-2019>
25. Albert Ansmann, Rodanthe-Elisavetand Mamouri, Julian Hofer, Holger Baars, Dietrich Althausen, Sabur F. Abdullaev Dust mass, cloud condensation nuclei, and ice-nucleating particle profiling with polarization lidar: updated POLIPHON conversion factors from global AERONET analysis // Atmos. Meas. Tech., 12, 4849–4865, 2019 <https://doi.org/10.5194/amt-12-4849-2019>

ТАДҶИҚОТИ СИФАТИИ ҲАВО ДАР ТОҶИКИСТОН

Ин мақола мониторинги сифати ҳаворо пешниҳод мекунад: тағирот дар PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ ва TSP барои солҳои 2010-2019. дар шаҳри Душанбе; Омӯзиши CO, SO₂, NO, NO₂ ва NO_x барои солҳои 2015-2019. дар Душанбе. Дар қаламрави Агентии обуҳавошиносии Ҷумҳурии Тоҷикистон тағйирёбии зарраҳои атмосфераи саҳти атмосфера дар қабати атмосфера мунтазам назорат карда мешуданд (координатҳо: 38°34'06.76"N, 68°46'50.99"E, 824м). Омӯзиши мунтазами сифати ҳаво аз охири соли 2015 бо ёрии таҷҳизоти Ostiris ва ҳисобкунакҳои ҷангӣ ва анализаторҳои газ гузаронида шудаанд. Мониторинг ҳамаҷуз гузаронида шуда истодааст.

Калидвожаҳо: аэрозол, атмосфера, тағйирёбии муваққатӣ, чузъи газ.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ТАДЖИКИСТАНЕ

В этой статье представлено мониторинг качества воздуха: изменение PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ и TSP за период 2010-2019 гг. в г. Душанбе; Исследование CO, SO₂, NO, NO₂, и NO_x за период 2015-2019 гг. в Душанбе. Проводился постоянный мониторинг вариации твердых атмосферных аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы на территории Агентство по Гидрометеорологии Республики Таджикистан (координаты: широта 38°34'06.76"с.ш., долгота 68°46'50.99"в.д. высота 824м). Изучение качества воздуха на постоянной основе организовано с конца 2015 года с помощью оборудования и пылемеров Остирис и анализаторов газовых компонентов. Мониторинг проводится ежедневно.

Ключевые слова: аэрозоль, атмосфера, временная вариация, газовая компонента

RESEARCH OF THE ELEMENTS IN ATMOSPHERIC AEROSOL

This article presents air quality monitoring: changes in PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ and TSP for the period 2010-2019. in the city of Dushanbe; Study of CO, SO₂, NO, NO₂, and NO_x for the period 2015-2019. in Dushanbe. A constant monitoring of the variation of solid atmospheric aerosol particles in the surface layer of the atmosphere was carried out on the territory of the Agency for Hydrometeorology of the Republic of Tajikistan (coordinates: latitude 38°34'06.76"N, longitude 68°46'50.99"E altitude 824m). Study of air quality organized on an ongoing basis since the end of 2015 with the help of Ostiris equipment and dust meters and gas component analyzers. Monitoring is carried out daily.

Keywords: aerosol, atmosphere, temporal variation, gas component.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Самиев Сангинмурод Боевич* – Агентии гидрометеорологияи Ҷумҳурии Тоҷикистон, сардори Раёсати мониторинги муҳити зист. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯч. Шевченко, 47. **E-mail:** sangin712@mail.ru. Тел.: 93 840 77 92

Абдуллоев Сабури Фузайлович – Академияи Миллӣи Тоҷикистон, доктори илмҳои физика ва математика, мудири лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикию техникаи ба номи С.Умарова. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе. Кӯчаи Айнӣ, 299/1. **E-mail:** sabur.f.abdullaev@gmail.com. Тел.: 93 489 60 14

Сафаров Маҳмад Табарович – Агентии гидрометеорологияи Ҷумҳурии Тоҷикистон, сардори Раёсати мониторинги муҳити зист, муовини директор. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯч. Шевченко, 47.

Маслов Владимир Анатодлевич – Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, номзади илмҳои физика ва математика, ходими пешбари илмӣ, лабораторияи физикаи атмосфера, Институти физика ва техникаи ба номи Умарова С.У. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе. Кӯчаи Айнӣ, 299/1. **E-mail:** vamaslov@inbox.ru. Тел.: 917 25 10 32

Сведения об авторах: *Самиев Сангинмурод Боевич* – Агентство по гидрометеорологии Республика Таджикистан, начальник управления мониторинга окружающей среды. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Шевченко, 47. **E-mail:** sangin712@mail.ru. Тел.: 93 840 77 92

Абдуллаев Сабур Фузайлович – Национальная академия наук Таджикистана, доктор физико-математических наук, заведующей лабораторией физики атмосферы Физико-технического института им. С. У. Умарова. Адрес: 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе. ул. Айна, 299/1. E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com. Тел.: 93 489 60 14

Сафаров Махмад Табарович – Агентство по гидрометеорологии Республики Таджикистан, начальник управления экологического мониторинга, заместитель директора. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Шевченко, 47.

Маслов Владимир Анатольевич – Национальная академия наук Таджикистана, кандидат физико-математических наук, в.н.с., лаборатории физики атмосферы Физико-технического института им. С.У.Умарова. Адрес: 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе. ул. Айна, 299/1. E-mail: vamaslov@inbox.ru. Тел.: 917 25 10 32

Information about the authors: *Samiev Sanginmurod Boevich* – Agency for Hydrometeorology of the Republic of Tajikistan, head of the environmental monitoring department. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Shevchenko, 47. E-mail: sangin712@mail.ru. Phone: 93 840 77 92

Abdullaev Sabur Fuzaylovich – National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory of Atmospheric Physics of the Physico-Technical Institute named after S. U. Umarova. Address: 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe. Aini street, 299/1. E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com. Phone: 93 489 60 14

Safarov Mahmud Tabarovich – Agency of Hydrometeorology of the Republic of Tajikistan, Head of the Environmental Monitoring Department, Deputy Director. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Shevchenko, 47.

Maslov Vladimir Anatodlevich – National Academy of Sciences of Tajikistan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Atmospheric Physics, Physics and Technology Institute named after S.U. Umarova. Address: 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe. Aini street, 299/1. E-mail: vamaslov@inbox.ru. Phone: 917 25 10 32

ВЛИЯНИЕ ГИДРАЗИНОГО НАНОПОРОШКА НА ИЗМЕНЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЁМКОСТИ ТЕРНАРНЫХ СИСТЕМ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ И МНОГОСЛОЙНОЙ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ В ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ

¹Сафаров Ш.Р., ¹Ойматова Х.Х., ²Сафаров М.М.

¹Бохтарский государственный университет имени Носири Хусрава, г. Бохтар

²Технический колледж ТТУ имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе

Для решения любой тепловой задачи необходимы надежные данные о теплофизических свойствах веществ. Однако в большинстве существующих теоретических моделях горения не учитывается температурная зависимость теплофизических свойств горючих систем. Это связано с тем, что по современным представлениям скорость горения обусловлена кинетикой химических реакций, скорость которых экспоненциально зависит от температуры. Все остальные факторы, связанные с горением более слабым образом, зависят от температуры. Поэтому при анализе процесса горения везде, где возможно, физические свойства полагают быть постоянными [3, с. 49].

В данной статье рассматривается изучение изменения удельной изобарной теплоёмкости тернарных систем, кремниевой кислоты, многослойной углеродной нанотрубки при влиянии порошка гидразина.

Гидразин - неорганическое вещество с формулой N_2H_4 . Вещество также называют диамидом. Немного вязкая, маслянистая жидкость: прозрачная, без цвета, с резким аммиачным запахом, дымит на воздухе, активно поглощает из воздуха влагу, легко растворяется в воде, этиловом спирте, жидком аммиаке; не растворяется в хлороформе, углеводородах.

Гидразин используют в органическом синтезе, в производстве пластики, пенопластмасс, волокон эластана, резин, текстильных красок, промежуточных продуктов органического синтеза [2, с. 61, 11, с. 254,].

Кремниевые кислоты очень слабые, малорастворимые в воде кислоты общей формулой H_2SiO_4 . Все поликремниевые кислоты малорастворимы в воде. Кремниевые кислоты используются как наполнители и связующие материалы в производстве керамических изделий, различных покрытий. Также используются и как носители катализаторов и светочувствительных слоёв в фотоматериалах. Они служат сырьём для получения кварцевого стекла, различных адсорбентов, поглотителей паров воды и газов, фильтров очистки воды и масел [3, с. 600].

В последнее десятилетие углеродные нанотрубки (УНТ) получили широкое применение в качестве модификаторов полимерных материалов. Благодаря своим уникальным механическим, термическим, оптическим свойствам УНТ с нанометровыми размерами производятся в промышленных масштабах, что указывает на их перспективность. Многочисленные исследования способов их получения привели к созданию различных видов УНТ, которые различаются своими свойствами и структурой, среди них наиболее актуальным являются многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ) [1, с. 16].

Теплоёмкость C_p всех компонентов тернарных систем детально исследована как теоретически, так и экспериментально [1, 9,10]. Поэтому целью данной работы является исследование и выявления особенностей изменения удельной теплоёмкости тернарных систем, кремниевой кислоты, многослойной углеродной нанотрубки при влиянии порошка гидразина и получит эмпирические уравнения для расчета удельной теплоёмкости тернарных систем в интервале температур 290-625К.

Удельная теплоёмкость кремниевой кислоты при ее нагревании увеличивается [1,11], а теплопроводность и температуропроводность уменьшаются [5-8]. Видно, что при

низких температурах теплопроводность кремниевой кислоты имеет высокое значение, превышающее теплопроводность таких металлов, как серебро и медь.

Теперь посмотрим на изменения удельной теплоёмкости тернарных систем, кремниевой кислоты, многослойной углеродной нанотрубки при влиянии порошка гидразина. Тернарная система состоит из трёх компонентов: гидразин, кремниевые кислоты и многослойная углеродная нанотрубка. Мы разделили эти компоненты на шесть концентраций которые приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные компоненты композиционных материалов для получения смесей исследуемых композиционных материалов

Table 1. The main components of composite materials for obtaining mixtures of the investigated composite materials

Образец	Общая масса	H_2SiO_4		N_2H_4		МСУНТ	
		м, г	п, %	м, г	п, %	м, г	п, %
1	26	20	76,90	5	19,30	1,0	3,80
2	36,2	25	69,06	10	27,62	1,2	3,32
3	46,5	30	64,52	15	32,26	1,5	3,22
4	56,7	35	61,73	20	35,27	1,7	3,00
5	66,9	40	59,79	25	37,37	1,9	2,84
6	77,1	45	58,37	30	38,91	2,1	2,72

В данной работе для определения удельной теплоёмкости тернарных систем используется аддитивный метод. В нашем случае аддитивный метод для определения удельной теплоёмкости тернарных систем в математическом виде пишется так:

$$C_p = n_1 C_1 + n_2 C_2 + n_3 C_3, (1)$$

Здесь n_1, n_2, n_3 -это концентрация гидразина, кремниевые кислоты и многослойная углеродная нанотрубка, а C_1, C_2, C_3 - удельная теплоёмкость гидразина, кремниевые кислоты и многослойная углеродная нанотрубка в разных температурах. Кроме того, удельная изобарная теплоемкость для исследуемых тернарных смесей экспериментально была изучена сканирующим калориметром.

Экспериментальная установка (сканирующий калориметр) в основном состоит из нагревателя 1, контейнера с компонентами тернарных смесей - 2, термопарой - 3, подставки для контейнера - 4, самописца – 5, подключаемого к персональной ЭВМ - 6 при помощи кабеля USB - 7. Питание самописца осуществляется до +5Вольт, подаваемых с контакта питания разъема USB.

Нагреватель используется для нагревания контейнера с тернарной системой, а подставка- для охлаждения.

Общая относительная погрешность измерения удельной изобарной теплоемкости при доверительной вероятности $\alpha=0,95$ равна 2,8%.

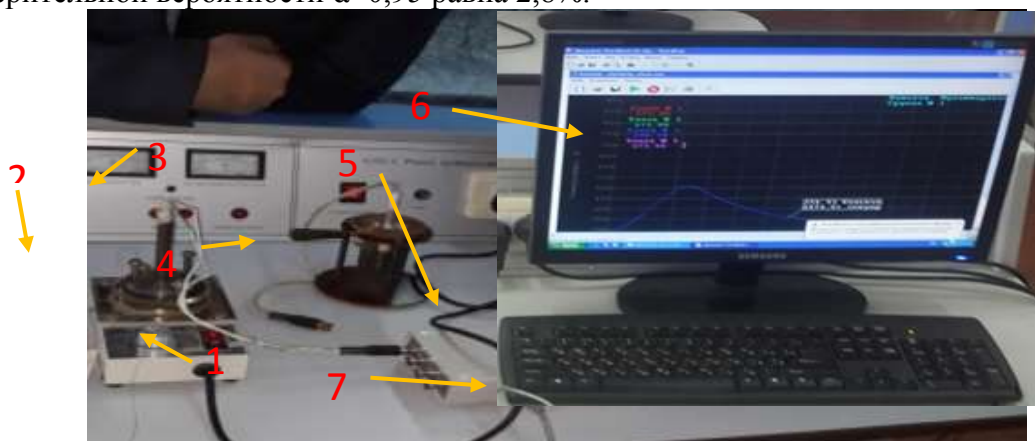


Рис. 1. - Внешний вид экспериментальной установки (сканирующий калориметр)
Fig. 1. - External view of the experimental setup (scanning calorimeter)

3. Экспериментальные данные трёх опытов в первом образце приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Изменение удельной теплоёмкости тернарных систем первого образца (76,90% H_2SiO_3 +19,30% N_2H_4 +3,80%МСУНТ)
Table 2. Change in the specific heat of ternary systems of the first sample (76.90% H_2SiO_3 + 19.30% N_2H_4 + 3.80% MWCNT)

При нагревании											
Опыт №1				Опыт №2				Опыт №3			
,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$
00	2,1	50	4,3	96	2,0	35	4,2	81	1,9	29	4,1
08	2,1	56	4,4	96	2,0	48	4,3	81	1,9	49	4,3
32	2,3	62	4,5	05	2,1	62	4,5	92	2,0	63	4,5
56	2,5	70	4,5	30	2,3	75	4,6	25	2,3	78	4,6
66	2,6	80	4,7	60	3,0	86	4,7	58	2,5	91	4,8
66	2,6	85	4,7	92	2,8	98	4,8	80	2,7	04	4,9
65	2,6	93	4,8	26	3,1	06	4,9	05	2,9	14	5,0
65	2,6	00	4,9	59	3,4	16	5,0	33	3,4	22	5,1
70	2,7	05	4,9	90	3,7	22	5,1	68	3,5	30	5,4
50	4,2	12	5,0	13	4,0			01	3,8		

Из таблицы 2 видно, что по мере увеличения температуры от 300К до 612К по первому опыту удельная теплоемкость увеличивается на 58%, по второму опыту по мере увеличения температуры от 296К до 622К удельная теплоемкость увеличивается на 60,8 % и по третьему опыту по мере увеличения температуры от 281К до 630К удельная теплоемкость увеличивается на 64,8 %. Данные явления можно объяснить тем, что удельная теплоемкость тернарных смесей, прежде всего зависит от удельной теплоёмкости основного макромолекулярного порошка и добавок. Значения удельной изобарной C_p теплоёмкости исследованных материалов при нагревании представлены на рисунке 2, где виден характер изменения C_p с температурой.

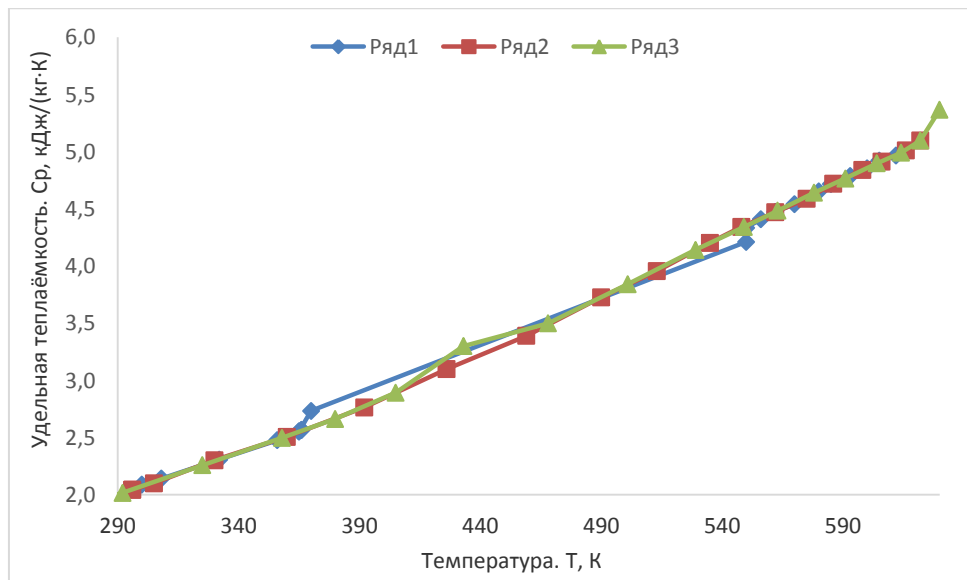


Рис. 2. Изменение удельной изобарной теплоёмкости тернарных систем при нагревании. Ряд1- опыт №1; Ряд2- опыт №2; Ряд3- опыт №3

Fig. 2. Change in the specific isobaric heat capacity of ternary systems upon heating. Ryad1 - experience number 1; Ryad2 - experience number 2; Row 3 - experiment No. 3

Как видно из таблицы 2 при случае нагревания тернарных смесей, кремниевой кислоты и многослойной углеродной нанотрубки под влиянием нанопорошка гидразина удельная теплоёмкость возрастает при росте температуры.

Из рисунка 2 следует, что в данном интервале температур теплоёмкость вышеупомянутых материалов во всех опытах имеет линейный характер роста.

Таблица 3. Изменение удельной теплоёмкости тернарных систем первого образца (76,90% $H_2SiO_3 + 19,30\%N_2H_4 + 3,80\%MCУHT$)

Table 3. Change in the specific heat of ternary systems of the first sample (76.90% $H_2SiO_3 + 19.30\%N_2H_4 + 3.80\%MWCNT$)

При охлаждении											
Опыт №1				Опыт №2				Опыт №3			
,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$	,К	$C_p, \frac{кДж}{кг \cdot К}$
08	4,9	49	2,4	16	5,0	44	2,4	24	5,1	38	2,4
82	4,7	43	2,4	89	4,7	38	2,4	93	4,8	35	2,3
53	4,4	38	2,4	55	4,4	34	2,3	56	4,4	31	2,3
23	4,1	33	2,3	22	4,1	29	2,3	20	4,1	25	2,3
96	3,8	28	2,3	92	3,7	25	2,3	93	3,8	23	2,2
75	3,5	24	2,3	68	3,5	22	2,2	70	3,5	20	2,2
54	3,3	20	2,2	50	3,3	18	2,2	50	3,3	18	2,2
38	3,2	18	2,2	32	3,1	15	2,2	39	3,2	15	2,2
24	3,1	16	2,2	18	3,0	12	2,2	18	3,0	12	2,2
11	3,0	14	2,2	03	2,9	10	2,2	04	2,9	10	2,2

98	2,8	12	2,2	92	2,8	08	2,1	91	2,8	08	2,1
86	2,7	10	2,2	82	2,7	06	2,1	82	2,7	98	2,1
78	2,6	08	2,1	72	2,5	04	2,1	72	2,6	96	2,0
70	2,6	06	2,1	62	2,5	00	2,1	64	2,5		
62	2,5	03	2,1	55	2,5	98	2,1	50	2,4		
56	2,5	00	2,1	48	2,4	96	2,0	45	2,4		

Из таблица 3 видно, что при уменьшении температуры от 608K до 300K по первому опыту удельная теплоемкость уменьшается на 57,1 %, по второму опыту при уменьшении температуры от 616K до 296K удельная теплоемкость уменьшается на 60% и по третьему опыту при уменьшении температуры от 624K до 296K удельная теплоемкость уменьшается на 60,8 %. Значения удельной изобарной теплоёмкости исследованных материалов при охлаждении представлены на следующем рисунке.

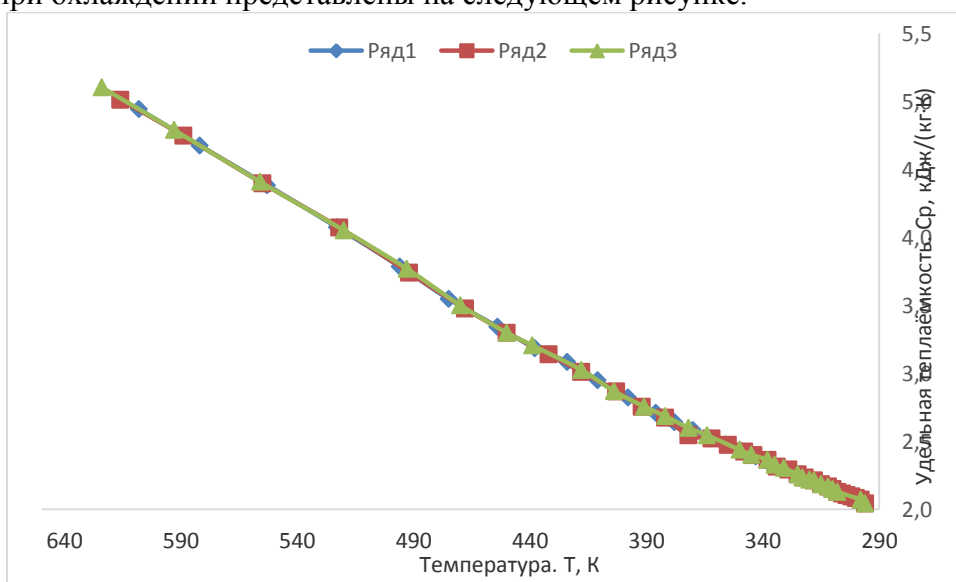


Рис. 3. Изменение изобарной удельной теплоёмкости тернарных систем при охлаждении. Ряд1- опыт №1; Ряд2- опыт №2; Ряд3- опыт №3
Fig. 3. Change in the isobaric specific heat of ternary systems during cooling. Ryad1 - experience number 1; Ryad2 - experience number 2; Row 3 - experiment No. 3

Из рисунка 3 следует, что в данном интервале температур теплоёмкость тернарных смесей во всех опытах имеет линейный характер убывания.

Удельная теплоёмкость этих компонентов детально исследована, как теоретически, так и экспериментально. Поэтому можно сказать, из-за содержания в ней примесей, нарушается условие аддитивности. Целью нашего исследования являлось определение какой - либо зависимости и получение определенного значения удельной теплоемкости.

Как видно из рисунков 2-3, при увеличении температуры тернарных смесей, удельная теплоёмкость тоже увеличивается, а при уменьшение в данном интервале температур теплоёмкость материалов во всех опытах имеет линейному характер убывания. Это означает что во всех опытах при нагревании удельная теплоёмкость одинаково увеличивается, при охлаждении удельная теплоёмкость одинаково уменьшается. Данные явления можно объяснить тем, что при охлаждении тернарных смесей скорость охлаждения очень велика и это является причиной сильного изменения удельной теплоемкости тернарных смесей.

Для того, чтобы обработать и обобщить экспериментальные данные по удельной теплоемкости исследуемых тернарных смесей и их образцов в зависимости от температуры, мы использовали нижеследующее соотношение:

$$\frac{C_p}{C_p^*} = f\left(\frac{T}{T_0}\right), (2)$$

где, C_p – теплоемкость испытуемого образца в зависимости от температуры; C_p^* – теплоемкость испытуемого образца при T_0 ; T – температура, при которой проводится испытание.

Соотношение (2) для исследуемых нами веществ выполняется доста-точно хорошо, т.е. экспериментальные данные по удельной теплоемкости укладываются вдоль общей кривой (рисунок 4), т.е. аппроксимационные зависимости этих линий имеют вид:

$$C_p = \left[1,0505 \left(\frac{T}{T_0}\right) - 0,0943\right] \cdot C_p^*, \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) (3)$$

где, T – температура, при которой проводится расчет, K ; T_0 – температура, равная 625 К (постоянная).

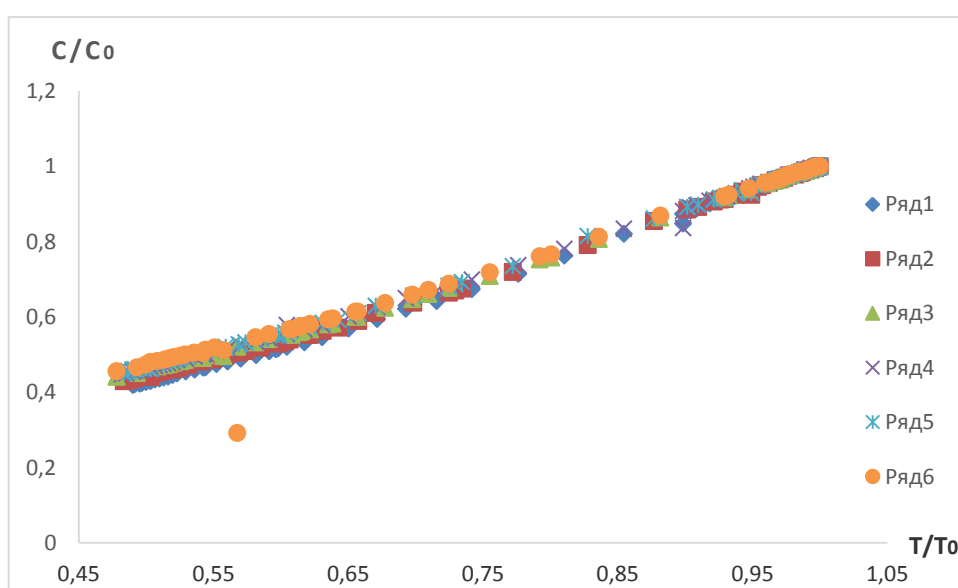


Рис. 4. Зависимость относительной удельной теплоёмкости $\left(\frac{C}{C_0}\right)$ от относительной температуры $\left(\frac{T}{T_0}\right)$ для исследуемых тернарных систем кремниевой кислоты, МСУНТ и нанопорошка гидразина

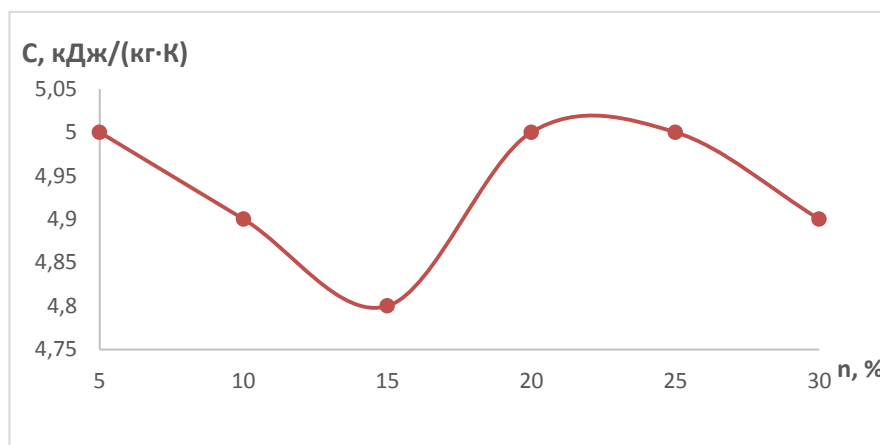
Fig. 4. Dependence of the relative specific heat $\left(\frac{C}{C_p}\right)$ on the relative temperature $\left(\frac{T}{T_0}\right)$ for the studied ternary systems of silicic acid, MWCNT and hydrazine nanopowder

Ряд 1– это образец №1 с концентрацией (76,90% H_2SiO_3 +19,30% N_2H_4 +3,80%МСУНТ) и температурой $T_0 = 612K$; Ряд2– это образец №2 с концентрацией (69,06% H_2SiO_3 +26,62% N_2H_4 +3,32%МСУНТ) и температурой $T_0 = 592K$; Ряд3– это образец №3 с концентрацией (64,52% H_2SiO_3 +32,26% N_2H_4 +3,22%МСУНТ) и температурой $T_0 = 612K$; Ряд4– это образец №4 с концентрацией (61,73% H_2SiO_3 +35,27% N_2H_4 +3,00%МСУНТ) и температурой $T_0 = 610K$; Ряд5– это образец №5 с концентрацией (59,79% H_2SiO_3 +37,38% N_2H_4 +2,84% МСУНТ) и температурой $T_0 = 610K$, Ряд6– это образец №6 с концентрацией (58,37% H_2SiO_3 + 38,91% N_2H_4 + 2,72%МСУНТ) и температурой $T_0 = 592K$.

Значение C_p^* является функцией концентрации смесей тернарных систем, кремниевой кислоты, МСУНТ и нанопорошка гидразина.

$$C_p^* = f(n) \quad (4)$$

Рис. 5. Зависимость удельной теплоемкости C_p^* тернарных систем от концентрации
 Fig. 5. Dependence of the specific heat capacity C_p^* of ternary systems on concentration



1— это образец №1 с концентрацией (76,90% H_2SiO_3 +19,30% N_2H_4 +3,80%МСУНТ) и температурой $T_0 = 612K$; 2— это образец №2 с концентрацией (69,06% H_2SiO_3 +26,62% N_2H_4 +3,32%МСУНТ) и температурой $T_0 = 592K$; 3— это образец №3 с концентрацией (64,52% H_2SiO_3 +32,26% N_2H_4 +3,22%МСУНТ) и температурой $T_0 = 612K$; 4— это образец №4 с концентрацией (61,73% H_2SiO_3 +35,27% N_2H_4 +3,00%МСУНТ) и температурой $T_0 = 610K$; 5— это образец №5 с концентрацией (59,79% H_2SiO_3 +37,38% N_2H_4 +2,84% МСУНТ) и температурой $T_0 = 610K$, 6— это образец №6 с концентрацией (58,37% H_2SiO_3 + 38,91% N_2H_4 + 2,72%МСУНТ) и температурой $T_0 = 592K$.

Изображенные на рисунке 5 полиномические линии описываются уравнениями:

$$C_p^* = ((0,0003(n)^2 - 0,01(n) + 5) \cdot 10^3) \quad (5)$$

Подставляя выражения (5) в (3) получаем следующие зависимости, с помощью которых можно рассчитать удельную теплоёмкость смесей тернарных систем в интервале температуры 290 – 622 К:

$$C_p = \left[1,0905 \left(\frac{T}{T_0} \right) - 0,0943 \right] \cdot [(0,0071(n)^2 + 0,05(n) + 5) \cdot 10^3] \quad (6)$$

Полученное уравнение (4.5) позволяет рассчитать теплоемкость смесей тернарных систем в зависимости от температуры. Для произведения расчёта необходимо знать только значение концентрации.

Вывод

1. Удельная теплоемкость исследованных материалов с повышением температуры увеличивается. Причем, чем больше значения температуры, тем больше значение удельной теплоемкости.
2. Значения удельной теплоемкости тернарной системы больше значений удельной теплоемкости этих веществ по отдельности. Это объясняется тем, что примеси тернарных систем влияют на значения удельной теплоемкости.
3. Полученное уравнение (6) позволяет рассчитать теплоемкость смесей тернарных систем с погрешностью до 3,5% в зависимости от температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джаманбалин К.К. Углеродные нанотрубки хризотил-асбеста. Учебно -методическое пособие/ К.К.Джаманбалин-Костанай, - 2016.-16с.
2. Зеленин К. Н. Химия, гидразин: Военно-медицинская академия. Учебник/ К.Н.Зеленин.//-Военно-медицинская академия: Санкт-Петербург. – 1998. – 61 с.

3. Мержанов А.Г. Теория стационарного гомогенного горения конденсированных веществ// А.Г. Мержанов. – Принрит.- Черноголовка. Филиал Институт химической физики. - 1968 -49с.
4. Навиский Л. А. Теплофизические свойства материалов при низких температурах// Л. А.Навиский, И. Г. Кажевников. Справочник.-М. : Машиностроение. – 1979. – 296 с.
5. Новикова С. И. Тепловое расширение твёрдых тел// С. И.Новикова. – М.: Наука. – 1974. – 292 с.
6. Охитин А.С. Теплопроводность твёрдых тел: Справочник/ А.С.Охитин, Р. П.Боровикова, Т. В.Негаева, А. С.Пушкарский // - М., 1984. – 320 с.
7. Сафаров М.М. Теплофизические свойства некоторых нанокуглеродных материалов: научный журнал/ М.М.Сафаров, Х.Х.Назирова, Н.Б. Давлатов// - Душанбе: «СИНО», 2016. – С. 40-44.
8. Сафаров М.М. Теплоёмкость порошка кремниевых кислот в зависимости от температуры// Материалы международной научно-практической конференции «Независимость - основа развития энергетики страны» / М.М.Сафаров, М.А.Абдуллоев, Х.А. Зоиров. – Бокhtar, 2017. – С.102-108.
9. Свойства элементов. Ч. 1. Физические свойства: Справочник / под. Ред. Г. В. Самсонова. –М.: Металлургия, 1976. – 600 с.
10. Scott D.W. Specific heat of hydrazine/ Scott D.W., Oliver G.D., Gross M. E., Hubbard W.N., Huffman N. M.// the Journal of Chemical Physics Soc.- 2293.- 1949. – P.71.
11. Шелудяк Ю.Е. Теплофизические свойства компонентов горючих систем / Л. Я. Кашпоров, Л. А. Малинин, В.Н. Цалков. - НОП.: «Информ ТЭИ», 1992. – 254 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Jamanbalin K.K. Chrysotile-asbestos carbon nanotubes. Educational and methodical manual / K.K. Dzhamanbalin-Kostanay, - 2016. – 16 p.
2. Zelenin KN Chemistry, hydrazine: Military Medical Academy. Textbook / K.N. Zelenin. //- Military Medical Academy: St. Petersburg. - 1998. - 61 p.
3. Merzhanov A.G. The theory of stationary homogeneous combustion of condensed substances // A.G. Merzhanov. - Printed. - Chernogolovka. Branch of the Institute of Chemical Physics. – 1968. – 49.
4. Navisky LA Thermophysical properties of materials at low temperatures // LA Navisky, IG Kazhevnikov. Directory.-M. : Mechanical engineering. - 1979. - 296 p.
5. Novikova SI Thermal expansion of solid bodies // SI Novikova. - M. : Science. - 1974. -- 292 p. 6. Okhitin A.S. Thermal conductivity of solids: Handbook / A.S. Okhitin, R.P. Borovikova, T.V. Negaeva, A.S. Pushkarsky // - M., 1984. . – 320 p.
6. Safarov M.M. Thermophysical properties of some nanocarbon materials: scientific journal / M.M. Safarov, Kh.Kh. Nazirov, N.B. Davlatov // - Dushanbe: "SINO", 2016. - P. 40-44.
7. Safarov M.M. Heat capacity of silicic acid powder depending on temperature // Materials of the international scientific-practical conference "Independence is the basis of the country's energy development" / MM Safarov, MA Abdulloev, Kh.A. Zoirov. - Bokhtar, 2017. . – P.102-108.
8. Properties of elements. Part 1. Physical properties: Handbook / under. Ed. G.V. Samsonova. –M.: Metallurgy, 1976. - 600 p.
9. Scott D.W. Specific heat of hydrazine / Scott D.W., Oliver G.D., Gross M. E., Hubbard W.N., Huffman N. M. // The Journal of Chemical Physics Soc. 2293 1949 P.71.
10. Sheludyak Yu.E. Thermophysical properties of components of combustible systems / L. Ya. Kashporov, LA Malinin, V.N. Tsalkov. - NOP.: "Inform TEI", 1992. – 254 p.

ТАЪСИРИ НАНОҲОКАИ ГИДРАЗИН ДАР СИСТЕМАИ ТЕРНАРИИ КИСЛОТАИ СИЛИТСИЙ ВА НАНОНАЙҶАҲОИ КАРБОНИ БИСЁРҚАБАТА ВОБАСТА АЗ ҲАРОРАТ

Дар ин мақола натиҷаҳои таҳқиқоти тағйирёбии гармиғунҷоиши ҳосси системаи тернарӣ (сечанда), кислотаи силитсий ва нанонайҷаҳои карбони бисёрқабата, коркарди натиҷаҳои таҷриба, инчунин, муодилаҳои эмпирикии ҳосилкардашуда барои ҳисоб кардани гармиғунҷоиши ҳос вобаста аз ҳарорат ва концентратсияи нишон додашуда аст. Мақсади асосии мақола таҳқиқи ва ҳосил кардани асоси тағйирёбии гармиғунҷоиши ҳос дар системаи тернарӣ, кислотаи силитсий, нанонайҷаҳои карбони бисёрқабата ҳангоми таъсири ҳокаи гидразин мебошад ва инчунин ҳосил кардани муодилаи эмпирикии мебошад. Дар қисми мазкур гармиғунҷоиши ҳос бо усули адитивӣ муайян карда шудааст. Натиҷаҳои ҳисобот дар қадвалҳои 2-3 оварда шудааст. Дар асоси қадвалҳои 2 ва 3 графикаи вобастагии ҳарорат аз гармиғунҷоиши ҳос сохта шудааст (расмҳои 2-3). Аз расми 2 дида мешавад, ки барои интервалҳои ҳарорат гармиғунҷоиши ҳоси системаи тернарӣ хаттӣ афзудааст. Аз расми 3 дида мешавад, ки ҳангоми хунуқшавӣ вобаста аз ҳарорат гармиғунҷоиши ҳоси концентратсияи таҳқиқшаванда хаттӣ кам мешавад. Аз ин ҷунин хулоса баровардан мумкин аст, ки ҳангоми хунуқшавӣ гармиғунҷоиши ҳосӣ ҳамаи концентратсияҳои таҳқиқшаванда хаттӣ кам шуда, ҳангоми гармшавӣ меафзояд.

Калидвожаҳо: системаи тернарӣ, тағйирёбии гармиғунҷоиши ҳос, гидразин, нанонайҷаҳои карбони бисёрқабата, кислотаи силитсий, ҳарорат

ВЛИЯНИЕ ГИДРАЗИНОГО НАНОПОРОШКА НА ИЗМЕНЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЁМКОСТИ ТЕРНАРНЫХ СИСТЕМ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ И МНОГОСЛОЙНОЙ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ В ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ

В данной статье представлены результаты исследования влияния нанопорошка гидразина на изменение удельной изобарной теплоёмкости тернарных систем кремниевой кислоты, многослойной углеродной нанотрубки, обработки экспериментальных данных. Также предложено эмпирическое уравнение для расчета удельной теплоёмкости исследуемых тернарных систем в зависимости от температуры и его концентрации. Целью данной работы является исследование и выявление особенностей изменения удельной теплоёмкости в тернарных системах кремниевой кислоты, многослойной углеродной нанотрубки под влиянием порошка гидразина и выявление эмпирические уравнения. В данном исследовании удельная теплоёмкость определяется аддитивным методом. Результаты расчёта приведены в таблицах 2,3. По данным таблицам 2,3 были построены графики зависимости удельной теплоёмкости тернарных систем от температуры, которые представлены на рисунках 2,3. Из рисунка 2 следует, что в данном интервале температура теплоёмкости тернарных систем для первой концентрации имеет линейный характер роста. Из рисунка 3 следует, что в данном интервале температура теплоёмкости исследуемых материалов для всех концентраций имеет линейный характер убывания. Это означает, что для всех концентраций удельная теплоёмкость этих материалов при охлаждении одинаково уменьшается, а при нагревании удельная теплоёмкость одинаково увеличивается.

Ключевые слова: тернарная система, изменение удельной теплоёмкости, гидразин, многослойная углеродная нанотрубка, кремниевая кислота, температура

INFLUENCE OF HYDRAZIC NANOPOWDER ON CHANGE IN THE SPECIFIC HEAT CAPACITY OF TERNARY SILICIC ACID AND MULTILAYER CARBON NANOTUBE SYSTEMS DEPENDING ON TEMPERATURE

This article presents the results of a study of the effect of hydrazine nanopowder on the change in the specific isobaric heat capacity of ternary systems of silicic acid, multilayer carbon nanotubes, processing of experimental data, and an empirical equation for calculating the specific heat of the studied ternary systems depending on temperature and its concentration is proposed. The aim of this work is to study and identify the features of the change in the specific heat capacity in ternary systems of silicic acid, multilayer carbon nanotube under the influence of hydrazine powder and the emergence of empirical equations. In this work, the specific heat is determined by the additive method. The calculation results are shown in Tables 2-3. According to Tables 2-3, graphs of the dependence of the specific heat of ternary systems on temperature were built, which are presented in Figures 2-3. It follows from Figure 2 that in this interval the temperature of the heat capacity of ternary systems for first concentration has a linear growth pattern. From Figure 3 it follows that in this interval, the temperature of the heat capacity of the materials under study for all concentrations has a linear decrease. This means that for all concentrations, the specific heat of these materials decreases equally upon cooling, and upon heating, the specific heat increases equally.

Keywords: ternary system, change in specific heat capacity, hydrazine, multilayer carbon nanotube, silicic acid, temperature

Маълумот дар бораи муаллиф: *Сафаров Шохин Рустамович* - Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носир Хусрав, устоди кафедраи физикаи умумӣ. **Суроға:** 735140, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Бохтар, кӯч. Айнӣ, 67. **E-mail:** safarov88-88@mail.ru. **Тел.:** (+992) 884-44-04-01

Ойматова Ҳочармо Холмуродовна – Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носир Хусрав, декани факултети физика. **Суроға:** 735140, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Бохтар, кӯч. Айнӣ, 67. **Тел.:** (+992) 93-591-23-61

Сафаров Маҳмадалӣ Маҳмадиевич – Филиали Донишгоҳи давлатии Москва М.В. Ломоносов, Душанбе, доктори илмҳои техникӣ, профессор, боби мутахассиси шуъбаи илм. **Суроға:** Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, кӯчаи Бохтар, 35/1. **E- почта:** mahmad1 @ list.ru

Сведения об авторах: *Сафаров Шохин Рустамович* – Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава, преподаватель кафедры общей физика. Адрес: 735140, Республика Таджикистан, г.Бохтар, ул. Аини, 67. Тел.: (+992) 884-44-04-01. E-mail: safarov88-88@mail.ru

Ойматова Ходжармо Холмуродовна – Бохтарский государственный университет имени Носира Хусрава, декан факультета физики. Адрес: 735140, Республика Таджикистан, г.Бохтар, ул. Аини, 67. Тел.: (+992) 93-591-23-61.

Сафаров Махмадали Махмадиевич – Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова г. Душанбе, доктор технических наук, профессор, глав. специалист отдела науки. Адрес: Республика Таджикистан, г. Душанбе, улица Бохтар, 35/1. E- mail: mahmad1 @ list.ru

Information about the authors: *Safarov Shokhin Rustamovich* – Bokhtar State University named after Nosir Khusrav, lecturer at the Department of General Physics. Address: 735140, Republic of Tajikistan, Bokhtar, st. Aini, 67. E-mail: safarov88-88@mail.ru. Tel. : (+992) 884-44-04-01

Oymatova Kojarmo Kholmurodovna – Bokhtar State University named after Nosir Khusrav, Dean of the Faculty of Physics. **Address:** 735140, Republic of Tajikistan, Bokhtar, st. Aini, 67. **Tel .:** (+992) 93-591-23-61
Safarov Makhmadali Makhmadievich – Branch of the Moscow State University M.V. Lomonosov, Dushanbe, doctor of technical sciences, professor, chap. specialist of the department of science. **Address:** Republic of Tajikistan, Dushanbe, Bokhtar street, 35/1. **E- mail:** mahmad1 @ list.ru

Гафуров О.В., Акобиров А.Т., Хамрокулов Р.Б.

Таджикский национальный университет

Широкое применение элементов и приборов полупроводниковой электроники в радиационных полях обуславливает необходимость детального изучения поведения полупроводниковых материалов при взаимодействии с частицами высоких энергий. При таком изучении могут решаться две взаимосвязанные задачи: физическая – это дефектообразование в полупроводниках, и практическая – создание приборов, увеличение сроков их эксплуатации и прогнозирование работоспособности в этих условиях [1-3].

В связи с этим в настоящей статье приводятся результаты исследований по влиянию облучения высокими энергиями на дефектообразование, структуру и электрические свойства полупроводникового кремния.

Известно, что воздействие радиации на монокристаллические и поликристаллические образцы полупроводников сопровождается возникновением различных видов дефектов структуры (дислокаций, вакансий и др.). При этом также происходят изменения в самой кристаллической решетке. Для выявления уровня структурных изменений в решетке кремния при облучении было исследовано влияние различных доз γ – облучения $D=(10^6 - 10^9)$ Р на параметры кристаллической решетки и плотность дислокаций. Облучение образцов производилось на установке РХМ – «Гамма-20» с источником ^{60}Co , мощность в центральном канале составляет $0,25 \times 10^{15}$ Р/Г мин [4-6].

Кремний кристаллизуется в кубическую решетку алмазного типа, в которой каждый атом окружен четырьмя ближайшими соседями, расположенными в вершинах тетраэдра. Решетку подобного типа можно представить в виде двух вдвинутых одна в другую гранецентрированных решеток, причем каждая смещена относительно другой на три четверти периода идентичности [7, 8].

Исследования изменения параметров решетки кремния были проведены на установке ДРОН-2.0. Облучению подвергался порошок, измельченный в агатовой ступке, с максимальным размером частиц 5 мкм. Расчет параметров кубических кристаллов проводили по следующим соотношениям:

$$\sin^2\theta = (\lambda^2/4) \times (1/d_{hkl}^2) \quad (1)$$

где

$$(1/d_{hkl}^2) = (h^2+k^2+l^2)/a^2 \quad (2)$$

отсюда

$$a^2 = d^2 \times (h^2+k^2+l^2) \quad (3)$$

и

$$a^2 = (\lambda^2/4) \times (h^2+k^2+l^2/\sin^2\theta) \quad (4)$$

Исследования показали, что изменения параметров решетки кремния под действием γ – облучения незначительные.

В таблице 1 приведены значения параметров при разных дозах γ – облучения, а в таблице 1 относительное изменение параметров в процентах.

Таблица 1. Параметры элементарной решетки монокристаллов кремния, облученных γ – лучами

Table 1. Parameters of the elementary lattice of silicon single crystals irradiated with γ rays.

Доза, Р	a, А	V, А ³
необлученный	5,4271	159,847
10^6	5,4261	159,758
10^7	5,4261	159,758
10^8	5,4251	159,670
10^9	5,4231	159,493

На рис. 1 представлена зависимость относительного изменения параметров элементарной ячейки от дозы γ – облучения. Как видно, дозы 10^6 и 10^7 Р практически не влияют на параметры элементарной ячейки; а при дозах 10^8 и 10^9 Р параметры ячейки существенно снижаются.

В работе [1, 9-10] показано, что объем элементарной ячейки кремния под действием нейтронного облучения увеличивается примерно на 0,06% и наблюдается сильное диффузное рассеяние. Авторы работы предполагают, что за диффузное рассеяние ответственны малые нарушения решетки, вызванные вакансиями и дислокациями.

Для определения действительного механизма радиационных нарушений необходимо определить влияние разных доз γ - облучения на дефектность структуры исследуемого кристалла.

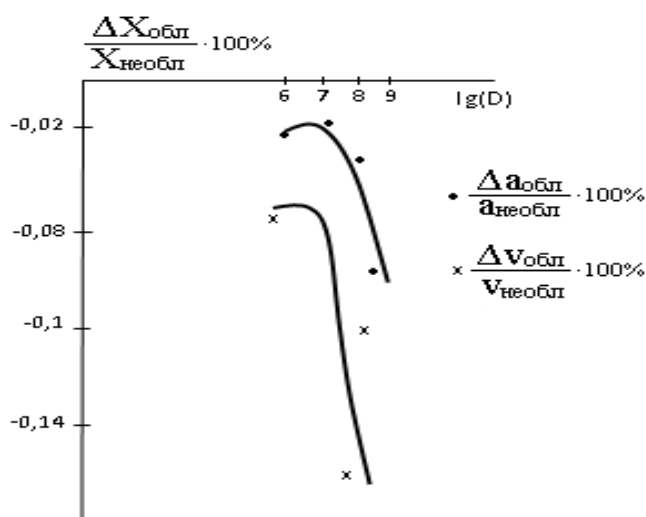
Дислокационная структура выявлялась травлением в растворе, состоящем из 10 мл HF (42%), 10 г. C_2O_3 , 20 мл H_2O в течение 40 мин. Такое травление выявляет дислокационную структуру монокристаллических пластин кремния.

Таблица 2. Относительное изменение параметров элементарной ячейки монокристаллов кремния после γ - облучения
Table 2. Relative change in the unit cell parameters of silicon single crystals after γ - irradiation

Доза, Р	$(\Delta a_{\text{обл.}}/a_{\text{необл.}}), \times 100 \%$	$(\Delta V_{\text{обл.}}/V_{\text{необл.}}), \times 100 \%$
10^6	- 0,018	- 0,054
10^7	- 0,017	- 0,049
10^8	- 0,037	- 0,106
10^9	- 0,074	- 0,153

Рис. 1. Относительное изменение параметров элементарной ячейки кремния в зависимости от разных доз γ – облучения

Fig.1. Relative change in the parameters of a silicon unit cell depending on different doses of γ - irradiation



В таблице 3 приведены данные по изменению плотности дислокаций в зависимости от доз облучения, а на рис. 2 показано относительное изменение плотности дислокаций при облучении.

Как видно из рис. 2 и данных таблицы 3 плотность дислокаций увеличивается с дозой облучения и при дозе 10^9 Р возрастает почти в 4 раза; причем нарастание ρ по мере увеличения дозы идет неравномерно.

Рис. 2. Относительное изменение плотности дислокаций ρ от дозы γ облучения
Fig. 2. Relative change in the density of dislocations ρ from the dose of γ -irradiation

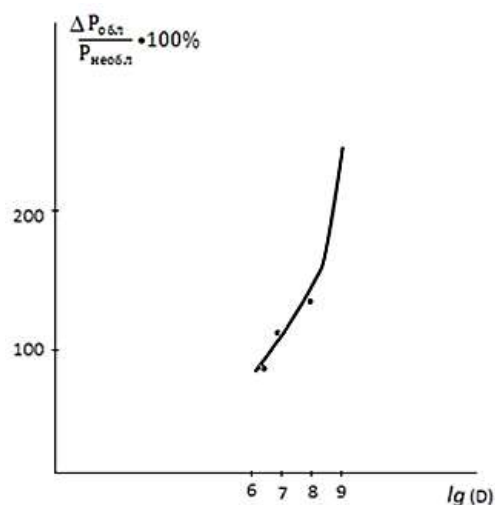


Таблица 3. Плотность дислокаций монокристаллических пластин кремния, облученных γ -лучами
Table 3. Density of dislocations of monocrystalline silicon wafers irradiated with γ -rays

Доза	необлучен.	10^6	10^7	10^8	10^9 P
ρ (см ⁻²)	$0,202 \times 10^5$	$0,343 \times 10^5$	$0,423 \times 10^5$	$0,475 \times 10^5$	$0,880 \times 10^5$

Например, облучение дозой 10^6 P увеличивает плотность дислокаций в 1,6 раз, увеличение дозы на один порядок дает нарастание ρ , по сравнению с предыдущей дозой в 1,2 раза. Облучение дозой 10^8 P увеличивает ρ по сравнению с 10^7 – в 1,1 раз, т.е. рост разницы в плотности дислокаций почти не происходит. В образцах же, облученных дозой 10^9 P, происходит резкий скачок плотности дислокаций и, по сравнению с дозой 10^8 , увеличивается в 1,9 раз.

Для того, чтобы подтвердить изменение дефектного состояния кристалла с изменением дозы облучения, была произведена также Лауэ съемка монокристаллических пластин кремния, облученных разными дозами. Съемка производилась на установке УРС-60.

Фотометрирование рентгенограмм показало, что с ростом дозы облучения растет полуширина фотометрических кривых лауэвских отражений рефлекса и соответствующих им диффузных максимумов ($\varphi/2$). В таблице 4 даны соотношения этих величин в зависимости от дозы облучения.

Таблица 4. Соотношение полуширины фотометрических кривых лауэвских отражений и соответствующих диффузных максимумов
Table 4. Ratio of half-width of photometric curves of Laue reflections and corresponding diffuse maxima

Дозы	необлучен.	10^6 P	10^7 P
$\varphi/2$ лауэв.пятна	11	12,5	13
$\varphi/2$ дифф.макс.	6	8,5	10

Из таблицы видно, что по сравнению с необлученными кристаллами $\varphi/2$ лауэвских пятен при дозе 10^6 больше в 1,13 раз, а при дозе 10^7 – 1,18 раз. Размеры диффузных максимумов более сильно реагируют на изменение дефектного состояния кристалла; $\varphi/2$ для них составляют соответственно: ν для дозы 10^6 P – 1,41 и для дозы 10^7 P – 1,66.

Известно, что за возникновение диффузного рассеяния ответственны, главным образом, вакансии и дислокации [10]. Некоторое несоответствие степени изменения ρ и

$\phi/2$ можно отнести к тому, что вклад в диффузное рассеяние вносят и тепловые колебания атомов, которые могут и несколько затушевать эффект диффузного рассеяния, вносимого дефектами структуры кристалла.

На основе полученных результатов, можно сделать вывод, что облучение кремния гамма – лучами дозой $D = 10^6 - 10^9$ Р вносит множество структурных дефектов таких, как вакансии и дислокации. Однако, такая доза поглощенного излучения незначительно изменяет параметры элементарной ячейки, следовательно, не создает более сильные дефекты, такие как междоузельные атомы, либо эти же дефекты отличаются, т.к. они более нестабильны уже при температурах, при которых происходит облучение.

В проведенных нами исследованиях, а также в работе [3] на монокристаллах германата висмута установлено, что до дозы 10^8 Р микротвердость растет, а при дозе 10^9 резко падает.

Таким образом, установлено, что облучение гамма – лучами дозами 10^6 , 10^7 и 10^8 Р создает, видимо, в основном точечные дефекты типа вакансий, которые тормозят движение дислокаций, уже существовавших в кристалле и несущих на себе пластичность. А при дозе 10^9 Р появляется достаточное количество дислокаций, которые и начинают отвечать за пластичность кристалла. Количество этих дислокаций не зависит от исходного дефектного состояния кристалла. Как видно, доза 10^9 Р является именно той дозой кристаллов, при которой происходит образование дислокаций. Но этой дозы, по-видимому, еще недостаточно, чтобы изменить размер кристаллической решетки, т.е. недостаточно для образования более сильных дефектов, таких, как междоузельные атомы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайдар Г.П. Отжиг радиационных дефектов в кремнии/ Г.П. Гайдар. Электронная обработка материалов, 2012. 48(1). – С. 93–105.
2. Винецкий В. Л. Радиационная физика полупроводников/ В. Л. Винецкий, Г. А. Холодарь.-К.: Наукова думка, 1976. – 336 с.
3. Медведева И.Ф. Отжиг комплексов вакансия-фосфор в облученных кристаллах Si/ И.Ф. Медведева, Л.И. Мурин, В.П. Маркевич // Материалы IV международной конференции “Взаимодействие излучений с твердым телом”. - Минск, Беларусь, 3–5 октября 2001. – С. 183–185.
4. Гафуров О.В. Двухстадийность радиационных процессов в ниобате лития / О.В. Гафуров, А.Т. Акобиров, Р.Б. Хамрокулов // Вестник ТНУ. - Душанбе: Сино, 2016. – 1/3(200). - С.106-108
5. Гафуров О.В. Влияние гамма облучения на коэффициент температур опр проводности ниобата лития / О.В. Гафуров, А.Т. Акобиров // Вестник ТНУ. - Душанбе: Сино, 2016. – 1/1(192). - С.151-154.
6. Гафуров О.В. Механизмы радиационного дефектообразования в акустоэлектрических кристаллах/ О.В. Гафуров, А.Т. Акобиров, Р.Б. Хамрокулов // Вестник ТНУ. - Душанбе: Сино, 2016. – 1/3(200). - С.67-69.
7. Комаров Ф.Ф. Дефектообразование и трекообразование в твердых телах при облучении ионами сверхвысоких энергий /Ф.Ф. Комаров // Успехи физических наук. – Москва. 2003. – Т.173, №12. – С.1287-1318.
8. Поклонский Н.А. Влияние радиационных дефектов на электрические потери в кремниевых диодах, облученных электронами / Н.А. Поклонский, Н.И. Горбачук, С.В. Шпаковский, С.Б. Ластовский, А. Wiecek// ФТП. – 2010. – Т.44, №3. – С.397-401.
9. Шербачев К.Д. Особенности образования радиационных дефектов в слое кремния структур «кремний на изоляторе» /К.Д. Шербачев, В.Т. Бублик, В.Н. Марджович, Д.Н. Пажин// ФТП. – 2011. – Т.45, №6. – С.756-758.
10. Гафуров О.В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физ-мат наук: 01.04.07/ О.В. Гафуров– Душанбе, 2002. – 126 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Gaidar G.P. Annealing of radiation defects in silicon / G.P. Gaidar, Electronic Materials Processing, 2012, 48 (1). - P. 93–105.
2. Vinetsky V. L. Radiation physics of semiconductors / V. L. Vinetsky, G. A. Holodar.-K. : Naukova Dumka, 1976. - 336 p.
3. Medvedeva I.F. Annealing of vacancy-phosphorus complexes in irradiated Si crystals / I.F. Medvedeva, L.I. Murin, V.P. Markevich // Proceedings of the IV International Conference “Interaction of Radiation with a Solid”. -Minsk, Belarus, October 3–5, 2001. - P. 183–185.

4. Gafurov OV Two-stage nature of radiation processes in lithium niobate / OV Gafurov, AT Akobirova, R.B. Khamrokulov // Bulletin of TNU. - Dushanbe: Sino, 2016.-- 1/3 (200). - P.106-108
5. Gafurov OV Gafurov O.V., Akobirova A.T. Influence of gamma irradiation on the conductivity temperature coefficient of lithium niobate // Vestnik TNU. - Dushanbe: Sino, 2016.-- 1/1 (192). - P. 151-154.
6. Gafurov OV Mechanisms of radiation defect formation in acoustoelectric crystals / OV Gafurov, AT Akobirova, R.B. Khamrokulov // Bulletin of TNU. - Dushanbe: Sino, 2016.-- 1/3 (200). - P.67-69.
7. Komarov F.F. Defect formation and track formation in solids under irradiation with ultrahigh-energy ions / F.F. Komarov // Advances in physical sciences. - Moscow. 2003. - T.173, No. 12. - P. 1287-1318.
8. Poklonsky N.A. Poklonsky N.A., Gorbachuk N.I., Shpakovsky S.V., Lastovsky S.B., Wieck A., Influence of radiation defects on electrical losses in silicon diodes irradiated with electrons // FTP. - 2010. - T.44, No. 3. - P.397-401.
9. Sherbachev KD Features of the formation of radiation defects in the silicon layer of structures "silicon on insulator" / KD Sherbachev, VT Bublik, VN Mardkovich, DN Pazhin // FTP. - 2011. - T.45, No. 6. - P.756-758.
10. Gafurov O.V. Dissertation for the degree of candidate of physical and mathematical sciences: 01.04.07 / O.V. Gafurov - Dushanbe, 2002. - 126 p.

СОХТОР ВА НУҚСОНҲОИ РАДИАТСИОНӢ ДАР КРЕМНИИ БО γ НУРҲО НУРБОРОНШУДА

Истифодаи васеи элементҳо ва дастгоҳҳои электроникаи нимноқилӣ дар майдонҳои радиатсионӣ, омӯзиши амиқи рафтори маводи нимноқилҳоро ҳангоми таъсири зарраҳои энергияи баланд тақозо мекунад. Бо чунин омӯзиш ду вазифаи ба ҳам алоқамандро ҳал кардан мумкин аст: физикӣ - ин ташаккули нуқсонҳо дар нимноқилҳо ва вазифаи амалӣ - сохтани асбобҳо, зиёд кардани муҳлати истифодаи онҳо ва пешгӯӣ кардани қор дар шароити гуногун. Дар ин қор мо натиҷаҳои тадқиқотро дар бораи таъсири радиатсияи дорои энергияҳои баланд ба пайдоиши нуқсонҳо, сохтор ва хусусиятҳои электрикии кремний пешниҳод менамоем. Барои ошқор кардани сатҳи тағйироти сохторӣ дар панҷараи кристаллии кремний ҳангоми нурборонкунӣ, таъсири γ – нурҳои дорои дозаҳои гуногуни ба параметрҳои панҷара ва зичии дислокасияи онҳо омӯхта шуд. Омӯзиши тағйирот дар параметрҳои панҷараи кремний бо истифода аз дастгоҳи DRON-2.0 гузаронида шуд. Андозаи зарраҳои хока ба 5 мкм баробар буд. Нишон дода шудааст, ки тағйирёбии параметрҳои панҷараи кремний аз таъсири γ - радиатсияи ночиз аст. Барои тасдиқи тағйирёбии ҳолати панҷараи кристаллӣ бо тағйирёбии дозаи радиатсионӣ, монокристаллҳои кремний бо дозаҳои гуногун нурборонкардашуда бо усули аксардорӣ Лауэ омӯхта шуд. Муайян карда шудааст, ки гамма нурборонкунӣ бо дозаҳои 10^6 , 10^7 ва 10^8 Р, асосан нуқсонҳои нуқтавино ба вучуд меорад, ба монанди ҷойҳои холӣ, ки ҳаракати дислокасияҳоро суғат мекунад.

Калидвожаҳо: сохтор, панҷараи кристаллӣ, гамма нурҳо, доза, дислокасия, нуқсонҳо, кремний монокристаллӣ

СТРУКТУРА И РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ γ – ОБЛУЧЕННОГО КРЕМНИЯ

Широкое применение элементов и приборов полупроводниковой электроники в радиационных полях обуславливает необходимость детального изучения поведения полупроводниковых материалов при взаимодействии с частицами высоких энергий. При таком изучении могут решаться две взаимосвязанные задачи: физическая – это дефектообразование в полупроводниках, и практическая – создание приборов, увеличение сроков их эксплуатации и прогнозирование работоспособности в разных условиях. В настоящей работе приводятся результаты исследований по влиянию облучения высокими энергиями на дефектообразование, структуру и электрические свойства кремния. Для выявления уровня структурных изменений в решетке кремния при облучении было исследовано влияние различных доз γ – облучения на параметры кристаллической решетки и плотность дислокаций. Исследования изменения параметров решетки кремния были проведены на установке ДРОН-2.0. Облучению подвергался порошок, с максимальным размером частиц 5 мкм. Показано, что изменения параметров решетки кремния под действием γ – облучения незначительные. Для подтверждения изменения дефектного состояния кристалла с изменением дозы облучения, была произведена также Лауэ съемка монокристаллических пластин кремния, облученных разными дозами. Установлено, что облучение гамма – лучами дозами 10^6 , 10^7 и 10^8 Р создает, в основном, точечные дефекты типа вакансий, которые тормозят движение дислокаций, уже существовавших в кристалле и несущих на себе пластичность.

Ключевые слова: структура, кристаллическая решетка, гамма лучи, доза, дислокации, дефекты, монокристаллический кремний

STRUCTURE AND RADIATION DEFECTS OF γ - IRRADIATED SILICON

The widespread use of elements and devices of semiconductor electronics in radiation fields necessitates a detailed study of the behavior of semiconductor materials when interacting with high-energy particles. In this study, two interrelated tasks can be solved: physical-this is defect formation in semiconductors, and practical-the creation of devices, increasing their service life and predicting performance in different conditions. This paper presents the results of research on the effect of high-energy irradiation on the defect formation, structure, and electrical properties of silicon. To determine the level of structural changes in the silicon lattice under irradiation,

the effect of different doses of gamma radiation on the parameters of the crystal lattice and the density of dislocations was studied. Studies of changes in the parameters of the silicon lattice were carried out on the DRON-2.0 installation. A powder with a maximum particle size of 5 microns was irradiated. It is shown that the changes in the parameters of the silicon lattice under the influence of gamma irradiation are insignificant. To confirm the change in the defective state of the crystal with a change in the irradiation dose, Laue also performed a survey of single-crystal silicon wafers irradiated with different doses. It was found that irradiation with gamma rays at doses of 10^6 , 10^7 , and 10^8 R creates mainly point defects of the vacancy type that inhibit the movement of dislocations that already existed in the crystal and carry plasticity.

Keywords: structure, crystal lattice, gamma rays, dose, dislocations, defects, monocrystalline silicon.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Гафуров Одилҷон Вадудович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, н.и.т., дотсенти кафедраи электроникаи физикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Тел:** (+992) 907810506. **E-mail:** odilg@list.ru

Акобиров Азиза Тошпулатовна – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзоди илмҳои физика ва математика, дотсенти кафедраи электроникаи физикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Телефон:** (+992) 907 91 76 26. **E-mail:** Aziza.akobirova@mail.ru

Ҳамроқулов Раҷабмурод Бадриддинович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзоди илмҳои физика ва математика, дотсенти кафедраи электроникаи физикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **Тел.:** (+992) 904 16 07 75

Сведения об авторах: *Гафуров Одилҷон Вадудович* – Таджикский национальный университет, к.ф.-м.н., доцент кафедры физической электроники. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Тел.:** (+992) 907 81 05 06. **E-mail:** odilg@list.ru

Акобиров Азиза Тошпулатовна – Таджикский национальный университет, к.ф.-м.н., доцент кафедры физической электроники. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Телефон:** (+992) 907 91 76 26. **E-mail:** Aziza.akobirova@mail.ru

Ҳамроқулов Раҷабмурод Бадриддинович – Таджикский национальный университет, к.ф.-м.н., доцент кафедры физической электроники. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Тел.:** (+992) 904 16 07 75

Information about the author: *Gafurov Odiljon Vadudovich* – Tajik National University, Associate Professor of the Department of Physical Electronics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** (+992) 907 81 05 06. **E-mail:** odilg@list.ru

Akobirova Aziza Toshpulatovna – Tajik National University, Associate Professor of the Department of Physical Electronics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** (+992) 907 91 76 26. **E-mail:** Aziza.akobirova@mail.ru

Hamrokulov Rajabmurod Badriddinovich – Tajik National University, Associate Professor of the Department of Physical Electronics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** (+992) 904 16 07 75

Раджабов Тоир Махсудович

Таджикский национальный университет

Введение. Вопрос о физическом взаимодействии имеет берет начало с момента формирования первых научных физических представлений и в классический период развития физической науки представлен в основном двумя разными точками зрения. Одну из них представляет ньютоновская концепция взаимодействия – закон всемирного тяготения [1-4], согласно которому между двумя физическими телами, обладающими определенными массами возникает сила взаимного притяжения F , которая определяется по формуле

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где m_1 и m_2 – массы тел, r – расстояние между ними, G – гравитационная постоянная.

Данная концепция обладает совершенным математическим аппаратом для описания, однако не имеет удовлетворительную физическую интерпретацию касательно механизма взаимодействия. Математическая формула написана для макромира и не актуальна для микромира.

Другой подход относительно физического взаимодействия связан с именем Декарта [5]. Особенность этого подхода составляет попытка представить взаимодействие с помощью наглядной модели, где причиной взаимодействия рассматривается наличие всемирного давления, которого, как бы, испытывает каждый физический объект во Вселенной из-за вихревого движения тонкой материи – эфира, посредством которой происходит, как взаимодействие тел на расстояние, так и распространение света в нем. Физические тела рассматриваются как центры вихревых потоков. С подобной схемой гравитационного взаимодействия свою теорию предложил в 1784 году Жорж Луи Лесаж [6] в соответствии с которым гравитационное взаимодействие объясняется давлением, которое создается движением очень малых частиц по всему направлению во Вселенной, т. е., фактором влияния космического давления. В этом подходе физическое взаимодействие не рассматривается как взаимное притяжение, а рассматривается как космическое приталкивание физических тел друг другу.

В случае, когда аргументом взаимодействия является давление, то главным параметров в его описании становится размер тела, площадь сечения, посредством которой оно испытывает это давление. Хотя подход, с давлением в основу является логически уместным и наглядным для описания взаимодействия, однако он не позволяет осуществлять простые количественные расчеты.

Рассматривая эти подходы, обнаруживаем, что каждому из этих подходов не хватает то, что имеется в другом подходе. Включение эфира в картину мироздания предполагает обусловленность физического взаимодействия образованием разности давлений на физическое тело с противоположных сторон, которое делает взаимодействие функцией размеров физических тел. В этом случае механизм взаимодействия становится подобно тому, когда парус находится в потоке ветра. Чем больше площадь паруса, т.е., его размер, тем сильнее воздействие ветра. На подобие этому можно построить парусную модель физического взаимодействия, при котором важным параметром будет выступать площадь поперечного сечения тел $S_{\text{сеч}}$.

Площадь взаимодействия тел как аргумент взаимодействия Когда речь идет о размерах, можно различать абсолютный (истинный) и относительный (визуальный) размеры тел. Истинный размер $S_{\text{ист}}$ представляет собой реальный размер тела, а относительный размер $S_{\text{отн}}$ – это его визуальный размер на расстоянии. Мерой

визуального размера является телесный угол. Визуальный размер физических тел представляет собой их взаимное пространственное присутствие друг относительно друга. Второе тело, отдаленное от первого на бесконечность, визуально для первого тела практически отсутствует. В случае гравитационного взаимодействия, если массу представить в виде функции размера, то это вместе с тем, что взаимодействие является еще функцией расстояния, приводит к тому, что взаимодействие можно рассматривать как функцию визуального размера тел – телесного угла.

Рассмотрим, каким образом, и в каких случаях можно вместо массы можно пользоваться пространственным размером физических тел.

Предположим, что в результате внешнего воздействия скорость тела увеличивается на $\Delta v = v_2 - v_1$. Для того, чтобы набирать скорость v_2 тело должно преодолеть сопротивление, создаваемое избыточным давлением спереди. Тело с направления против движения испытывает дополнительное давление Δp , которое сообщает ему ускорение $\frac{\Delta v}{\Delta t}$.

Можно написать

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1}{k} \Delta p,$$

где $\frac{1}{k}$ – коэффициент пропорциональности. Подставляя: $\Delta p = \frac{F}{S}$, где F – сила, действующая на тело и S - его площадь поперечного сечения, получим:

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F}{kS}$$

Сравнивая это соотношение с выражением для второго закона Ньютона $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F}{m}$ получим:

$$m = kS, \quad (1)$$

которое представляет собой величину, известную как масса физического тела. Сила F , создаваемая внешним давлением, представляет собой силу инерции, которая в каждый момент времени по абсолютной величине равна силе внешнего воздействия, а по направлению противоположна ей.

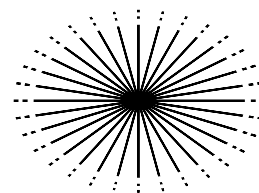


Рис. 1. Геометрическая модель физического тела вместе с его гравитационным полем

Fig. 1. Geometric model of a physical body together with its gravitational field

Таким образом, в парусной модели взаимодействия площадь поперечного сечения или, другими словами, площадь взаимодействия элементов взаимодействия S играет центральную роль.

Для описания картины взаимодействия воспользуемся идеей, которую высказал П. Дирак для дальнейшего развития физической теории [7]. Согласно этой идеи поле физического тела следует рассматривать как силовые фарадеевские линии конечного числа, исходящих из него. В соответствии с этим, можно построить геометрическую модель физического тела вместе с его полем. Это классическая картина с физическим телом в центре, от которого тянутся силовые линии в бесконечность (рис.1). Частота силовых линий на единицу площади, перпендикулярной силовым линиям, уменьшается по мере удаления от тела. Если n_0 – общее количество силовых линий, исходящих из тела, то на расстоянии r от него удельная плотность $n(r)$ обратно пропорциональна площади сферы с радиусом r :

$$n(r) = \frac{n_0}{S_{сф}} = \frac{n_0}{4\pi r^2} \quad (2)$$

Из этого выражения видно, что свойства физического тела меняется обратно пропорционально квадрату расстояния от ее центра.

Рассмотрим некоторые вопросы кинематики, динамики и взаимодействия физических тел на основе этого подхода.

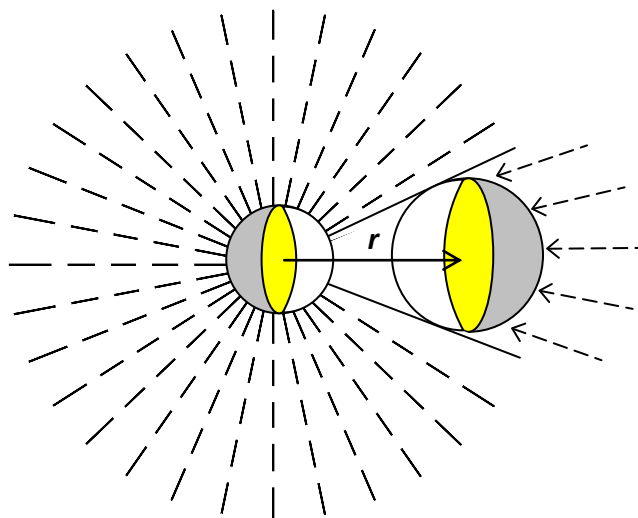
1. Гравитационное взаимодействие. Рассмотрим в общей форме систему, состоящую из двух тел и находящейся в равновесии со всей Вселенной. Пусть в поле тела А на расстоянии r от его центра находится тело В (рис.2.). Тела А и В обладают сечениями S_A и S_B по отношению друг к другу. Поток силовых импульсов, идущих к телу А, частично перекрывается телом В, в результате чего давление, испытываемое телом А уменьшается со стороны расположения тела В, из-за чего появляется результирующая сила, действующая на тело А и направленная в сторону тела В. Величина возникающей силы пропорциональна удельной плотности силовых линий $n(r)$ на расстоянии r и величине эффективного сечения S_B , образуемого телом В по отношению к телу А.

$$n(r) = \frac{n_0}{S_{сф}} = \frac{n_0}{4\pi r^2},$$

где n_0 – общее количество силовых линий, исходящих из физического тела.

Рис. 2. Схематичная модель гравитационного взаимодействия перекрытием одного тела другим

Fig. 2 Schematic model of gravitational interaction by overlapping one body with another



Аналогичным образом из-за наличия тела А появляется сила, действующая на тело В и направленная в сторону тела А. Итоговая сила взаимодействия определяется:

$$F = n(r)S_A S_B = \frac{n_0}{4\pi r^2} S_A S_B = \frac{n_0}{4\pi} \frac{S_A S_B}{r^2}$$

$$\text{или } F = k_g \frac{S_A S_B}{r^2}, \quad (3)$$

где $k_g = \frac{n_0}{4\pi}$ - коэффициент пропорциональности, связанный с количеством силовых линий, исходящих от тела.

Формула (3) представляет собой закон взаимодействия физических тел в системе, находящейся в равновесии со всей Вселенной в общей форме. В ней величина F представляет собой силу космического приталкивания.

Приравнивая соотношение (3) с формулой для закона всемирного тяготения

$$G \frac{m_A m_B}{r^2} = k_g \frac{S_A S_B}{r^2} \text{ и учитывая } m_A = k S_A \text{ и } m_B = k S_B, \text{ находим:}$$

$k_g = G k^2$, где $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ - всемирная гравитационная постоянная.

2. Площадь взаимодействия сложных систем.

Выражение (2) получено в случаях элементарных, единичных тел при отсутствии их взаимной экранировки. Можно определить массу более сложных физических систем, состоящих из множества элементов с учетом наличия перекрытия друг

другом в пространственном их расположении. Задача определения массы подобных систем сводится к определению эффективной площади взаимодействия, которую они образует по отношению к выбранному направлению или к пробному элементу.

Эффективной площадью взаимодействия сложной физической системы будем называть площадь тени $S_{тен}$, мысленно образуемая от эффективных ее элементов при прохождении параллельных лучей на экране, расположенном перпендикулярно направлению лучей.

Для системы, состоящей из 2 тел с площадью поперечного сечения S_1 и S_2 для каждого, в случае наличия перекрытия элементов по заданному направлению (рис.3), общая эффективная площадь взаимодействия определяется следующим образом:

$$S = S_{тен} = S_1 + S_2 - \Delta S \quad (4)$$

где ΔS - площадь перекрытия.

Fig. 3. Solid mutual spatial overlap of two bodies

По своей форме выражение (4) идентично выражению для массы атомного ядра, и действительно, умножая (4) на коэффициент k и учитывая (2), находим:

$$m = m_1 + m_2 - k\Delta S \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что в случае наличия пространственного перекрытия элементов общая масса сложной системы не равна простой сумме масс отдельных ее элементов. Более подробно рассмотрим этот случай.

Предположим, что большое число одинаковых по размеру эффективных элементов однородно распределено по некоторому объему V . Пусть объем каждого элемента составляет V_0 , так, что удовлетворяется условие $V_0 \ll V$.

Общий объем представим в виде цилиндра, который условно можно разделить на N дисков - горизонтальных слоев, в каждом из которых в среднем будут находиться по n эффективных элементов, которые не перекрывают друг друга. Эффективную площадь поперечного сечения каждого элемента обозначим через S_0 , а площадь основания цилиндра через S . Общая эффективная площадь одного слоя $S_{сл} = nS_0$.

Рассматривая взаимное перекрытие эффективных элементов в вертикальном направлении из разных слоев как случайные события, и применяя элементарные положения теории вероятностей [1] находим следующую закономерность для теневой площади, образуемой на основании цилиндра в зависимости от количества слоев:

$$S_{i+1} = S_{сл} + S_i \left(1 - \frac{S_{сл}}{S}\right), \quad (6)$$

где S_i - теневая площадь от всех i слоев.

Соотношение (6) можно написать в виде

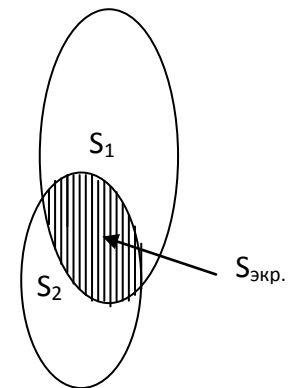


Рис.3. Телесное взаимное пространственное перекрытие двух тел

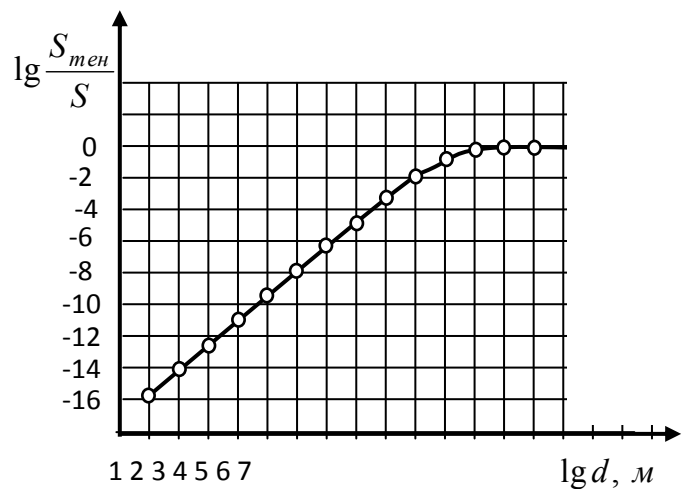


Рис. 4. Зависимость $\lg \frac{S_{тен}}{S}$ от

$$y_{i+1} - ay_i = b, \quad (7)$$

где $y_i = S_i$, $a = \left(1 - \frac{S_{cl}}{S}\right)$, $b = S_{cl}$

Выражение (7) представляет собой неоднородное линейное дифференциальное уравнение, однородный вид которого

$$\tilde{y}_{i+1} - a\tilde{y}_i = 0.$$

Решение последнего уравнения можно написать в виде

$$\tilde{y}_i = C_1 a^i + C_2.$$

Определяя постоянные C_1 и C_2 из граничных условий $S_1 = S_{cl}$ при $i = 1$, напишем решение в окончательном виде:

$$S_{тен} = S \left[1 - \left(1 - \frac{S_{cl}}{S} \right)^N \right] \quad (8)$$

Обозначая $\frac{S_{cl}}{S} = \eta$ - как эффективную площадь взаимодействия одного слоя, приходящую на единицу площади и толщину тела $d = \frac{N}{\delta}$, где $\delta = \frac{1}{L}$ - величина, обратно пропорциональная толщине одного слоя L , для единичной площади можем написать

$$\frac{S_{тен}}{S} = 1 - (1 - \eta)^{\delta d} \quad (9)$$

Зависимость $lg \frac{S_{тен}}{S}$ от $lg d$ приведена на рис.4. С увеличением толщины d в случае физических тел обычной плотности график можно разделить на три области: 1 - область отсутствия перекрытия - пространственное перекрытие эффективных элементов практически отсутствует, и общая теневая площадь подчиняется аддитивному закону:

$$S_{тен} = \sum_i S_i \text{ и соответственно, } m = \sum_i m_i.$$

2 - область частичного перекрытия. В этой области имеет место частичное перекрытие эффективных элементов, и теневая площадь определяется по соотношению

$$S_{тен} = \sum_i S_i - \Delta S,$$

или $m = \sum_i m_i + k\Delta S$, где ΔS - площадь перекрытия, а величина $\Delta m = k\Delta S$ представляет собой дефект массы.

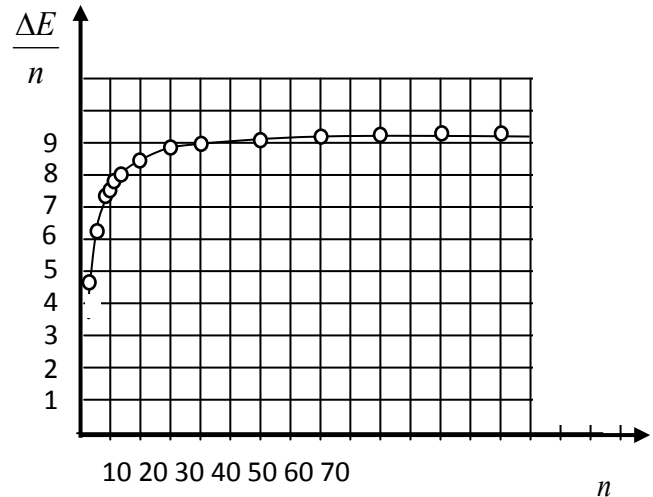


Рис. 5. Теоретическая кривая зависимости энергии

Энергия связи в атомном ядре.

Как видно из (2) в данном подходе масса, а, следовательно,

взаимодействие, определяются пространственными размерами взаимодействующих элементов, а дефект массы рассматривается как пространственное перекрытие элементов взаимодействия друг другом. Рассмотрим явление дефекта массы в атомных ядрах.

В случае небольшого числа элементов взаимодействия в системе, в качестве которой рассматриваются легкие атомные ядра, состоящие из небольшого числа нуклонов, выражение для общей площади взаимодействия можно написать в виде

$$S = nS_0 - (n - 1)S_0\eta_{onc}, \quad (10)$$

где параметр $\eta_{onc} = \frac{S_0}{S}$, а $S_0 = \pi r_0^2$ - площадь поперечного сечения нуклона, $S = \pi r^2$ - пустая площадь, приходящая на один нуклон в ядре, $2r$ - расстояние между нуклонами.

Второй член в уравнение (10) описывает площадь взаимного пространственного перекрытия нуклонов. Он получен в предположении, что только один нуклон может случайным образом перекрывать другие нуклоны, а остальные друг друга не перекрывают. Это обосновывается фиксированностью нуклонов на определенном расстоянии друг от друга и для небольшого число нуклонов возможно одновременное перекрытие только с одним нуклонов при вращении нуклона вокруг оси вращения ядра.

$$\text{Из (10) } \Delta S = S - nS_0 = S_0(n - 1)\eta_{0nc}$$

Для дефекта массы и так называемой энергии связи можем написать

$$\begin{aligned} \Delta m &= m_0(n - 1)\eta_{0nc} \\ \frac{\Delta E}{n} &= E_0 \left(1 - \frac{1}{n}\right)\eta_{0nc} \end{aligned}$$

В данном случае предполагается, расстояние между нуклонами с изменением количества нуклонов не меняется. Однако, на самом деле, есть два фактора, способных изменять расстояние между нуклонами с изменением количества нуклонов. Первый фактор, это сила поверхностного натяжения, которая быстро, при достижении количества нуклонов порядка 10-15, должна выходить на насыщение. Второй фактор, это сила кулоновского отталкивания между протонами, которая медленно увеличивается и становится ощутимой при большом количестве нуклонов. С учетом этих факторов выражение для расстояния между нуклонами можно задавать функцией

$$r_u = r_{0u} e^{\frac{1}{2}(\frac{\delta_1}{n} + \delta_2 n)},$$

где δ_1 и δ_2 - коэффициенты пропорциональности, определяемые из эксперимента.

Учитывая, что

$$\eta_{nc} = \frac{S_0}{S} = \frac{\pi r_0^2}{\pi r_u^2} = \frac{r_0^2}{r_{0u}^2} e^{-\frac{\delta_1}{n} - \delta_2 n} = \eta_{0nc} e^{-\frac{\delta_1}{n} - \delta_2 n}$$

можем написать

$$\frac{\Delta E}{n} = E_0 \left(1 - \frac{1}{n}\right) \eta_{0nc} e^{-\frac{\delta_1}{n} - \delta_2 n} \quad (11)$$

График зависимости $\frac{\Delta E}{n}$ от n при значениях $\delta_1 = 2$ и $\delta_2 = 0,001$ приведен на рис. 6.

Таким образом, рассмотрение площади сечения физических тел, как главный аргумент в описании механизма взаимодействия, позволяет получить наглядную картину гравитационного взаимодействия. В этом случае вопрос гравитационного взаимодействия в рамках классического подхода наряду с совершенным математическим аппаратом дополняется и наглядным удовлетворительным механизмом.

Как известно, различают инертную и гравитационную массы. Хотя экспериментально они имеют почти одинаковые значения, однако в теории нет доказательства того, что они идентичны. При парусной модели взаимодействия нет различий в массах, они идентичны. При выражении массы через площади сечения физических тел отпадает потребность в различении массы. Масса есть физическая характеристика данного тела, и она не меняется, пока количество не терпит изменения.

Заключение. Можно сделать некоторые итоговые заключения. Как известно, главным условием возникновения гравитационного взаимодействия является наличие количества вещества. Для количественных оценок количество вещества можно

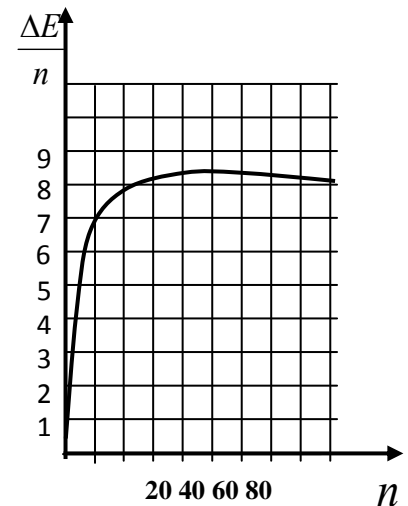


Рис. 6. Теоретически рассчитанная зависимость энергии связи ядра от количества

выразить через разные параметры: через физический объем, через массу, в некоторых случаях и через геометрический размер – площадь поперечного сечения. Возможны случаи, когда эти параметры для количественного расчета становятся взаимозаменяемыми – одно можно выражать через другое. Если физическое тело находится на пути потока материи, оказывающего давление на него, то аргументом может стать пространственный его размер – площадь его поперечного сечения. Случаи, когда вместо массы можно использовать площадь сечения, может соответствовать этому. Все возможные интерпретации гравитационного взаимодействия в этом случае проходят посредством давления эфира на геометрические размеры тел.

Неопределенность в существовании эфира сильно затруднило течение формирования физического представления. Ожидаемая интуитивная картина об эфире не была установлена и научное представление попало в тупик от отрицательного результата опыта Майкельсона-Морли. Хотя, в последующем, понятие эфира было вычеркнуто из обихода физических терминов, однако научное мышление не допустило полного отказа от понятия эфира. В настоящее время его в разных формах реанимируют, хотя не приписывают ему самое основное его свойство. Действительно, от того, что эфир не был найден, не обязательно следует вывод о том, что его нет. Полученный результат в этой работе может свидетельствовать и о специфической форме его существования, что затрудняло его обнаружение.

Выводы:

1. Установлено, что масса в теории гравитации Ньютона и площадь сечения физических тел в теориях Декарта и Лесажа количественно пропорциональны друг другу и играют идентичную роль в вопросе гравитационного взаимодействия. Для количественного описания массу можно написать, как площадь сечения тел, умноженная на коэффициент.

2. В основу механизма гравитационного взаимодействия можно принимать картину, в соответствии с которой физические тела испытывают давление (космическое), степень воздействия которого на них пропорциональна их размеру. Взаимодействие проявляется как результат взаимного пространственного перекрытия физических тел в поле космических потоков эфира.

3. По механизму взаимного перекрытия теоретическим путем получено выражение для дефекта массы и энергии связи. Причиной проявления дефекта массы считается взаимное пространственное перекрытие нуклонов в атомном ядре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богородский А. Ф. Всемирное тяготения. — Киев: Наукова думка, 1971. – 351 с.
2. Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики. Т.1. Физические основы механики. Молекулярная физика. Колебания и волны. СПб: "Лань" 2009. – 480 с.
3. Кудрявцев П. С. Курс истории физики. Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по физ. спец. - 2 изд., испр. и доп. - М.: Просвещение, 1982. – 448 с.
4. Всемирного тяготения закон // [Физическая энциклопедия](#) (в 5 томах) / Под редакцией акад. [А. М. Прохорова](#). - М.: [Советская Энциклопедия](#), 1988. — Т. 1. – С. 348.
5. [Декарт Р.](#) Первоначала философии // [Сочинения в двух томах](#). - М.: Мысль, 1989. - Т. I-II.
6. Роузвер Н. Т. Перигелий Меркурия. От Лаврере до Эйнштейна. М.: Мир, 1985. – 244 с.
7. Dirac P.A.M. The Evolution of the Physicist's Picture of Nature. Scientific American, May 1963, v.208, №5. - P.45-53.
8. Э.Уиттеккер. История теории эфира и электричества. Ижевск. – НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 512 с.
9. [Визгин В. П.](#) Релятивистская теория тяготения. Истоки и формирование. 1900—1915 гг. – М.: Наука, 1981. – 352 с.
10. Met. De Berlin for 1782 (Berlin, 1784). – P.404.
11. [Спасский Б. И.](#) История физики, в двух томах. - М.: Высшая школа, 1977.
12. Д.Сивухин. Общий курс физики. В 5-ти томах. Том 5. Атомная и ядерная физика. М.: Физматлит. – 784 с.

13. Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. Справочник по физике. М.: Наука, 1964. – 847 с.
14. Льюи М. История физики. – М.: Мир, 1970. – 464 с.
15. Менделеев Д. И. Попытка химического понимания мирового эфира. - СПб.: Типолитография М. П. Фроловой. 1905. – С. 5-40

REFERENCES LITERATURE

1. Bogorodsky A.F. Universal gravitation. - Kiev: Naukova Dumka, 1971. - 351 p.
2. Frish S.E., Timoreva A.V. General physics course. Vol. 1. Physical foundations of mechanics. Molecular physics. Oscillations and waves. SPb: "Doe", 2009. - 480 p.
3. Kudryavtsev PS Course in the history of physics. Textbook. manual for ped students. in-tov on physical specialist. - 2nd ed., Rev. and add. – M.: Education, 1982. – 448 p.
4. The law of universal gravitation // Physical encyclopedia (in 5 volumes) / Edited by Acad. A.M. Prokhorov. - M.: Soviet Encyclopedia, 1988. – Т. 1. - P. 348.
5. Descartes R. Origin of philosophy // Works in two volumes. - M.: Mysl, 1989. - Т. I-II.
6. Rosever N. T. Perihelion of Mercury. From Le Verrier to Einstein. M.: Mir, 1985. – 244 p.
7. Dirac P.A.M. The Evolution of the Physicist's Picture of Nature. Scientific American, May 1963, v. 208, no. 5. – P.45-53.
8. Whitacker E. History of the theory of ether and electricity. Izhevsk. - Research Center "Regular and Chaotic Dynamics", 2001. – 512 p.
9. Vizgin VP Relativistic theory of gravitation. Origins and formation. 1900-1915 - M.: Nauka, 1981. – 352 p.
10. Met. De Berlin for 1782 (Berlin, 1784). – P.404.
11. Spassky BI History of Physics, in two volumes. - M.: Higher school, 1977.
12. Sivukhin D. General course of physics. In 5 volumes. Volume 5. Atomic and Nuclear Physics. Moscow: Fizmatlit. – 784 p.
13. В. М. Яворский, А. А. Детлаф. Physics Handbook. Moscow: Nauka, 1964. – 847 p.
14. Llozzi M. History of Physics. - M.: Mir, 1970. – 464 p.
15. Mendeleev DI An Attempt of the Chemical Understanding of the World Ether. - SPb.: Typolithography of M. P. Frolova. 1905. - P. 5-40

МОДЕЛИ БОДИИ ТАЪСИРИ МУТАҚОБИЛИ ФИЗИКӢ

Дар доираи физикаи классикӣ модели таъсири мутақобилаи гравитатсионӣ пешниҳод шудааст, ки он шакли математики таъсири мутақобиларо аз рӯи назарияи Нютон бо аёнияти модели гравитатсионии Декарт ва Лесаҷ муттаҳид месозад. Нишон дода шудааст, ки масса дар назарияи ҷозобаи Нютон ва андозаи фазои ҷисмҳои физикӣ дар модели Декарт ва Лесаҷ ба яқдигар мутаносиб мебошанд ва дар тавсифи механизми ҷозоба нақши яқделаро бозида метавонанд. Таъсироти гравитатсионӣ ҳамчун ҳодисаи пешгирии ҳамдигарии ҷисмҳои физикӣ дар фазои сели зарраҷаҳои гравитатсионӣ маънидод карда мешавад. Сохтори майдони ҳуди ҷисми физикӣ дар шакли як миқдор хатҳои куввагӣ, ки аз ҷисм оғоз ёфта, ба беохирӣ мераванд, пешниҳод карда мешавад. Ин модел ба идеяи П.Дирак, ки нисбати рушди минбаъдаи назарияи физикӣ ифода ёфтааст, мувофиқ аст. Изҳор карда мешавад, ки нақши эфери классикиро майдонҳои ҳуди ҷисмҳои физикӣ, ки худ як муҳити моддӣ мебошанд ва таъсири мутақобалаи физикии ҷисмҳоро таъмин мекунанд иҷро карда метавонанд. Механизми мутақобила аз он сабаб бодӣ номида мешавад, ки ҷисмҳои моддӣ дар зери кувваи фишори беруна мебошанд, ба монанди бодбон дар ҷараёни бод. Усули пешниҳодшуда ба ҳулосае меорад, ки массаи инерсионӣ ва массаи ҷозибавӣ дар тавсифи ҷисмҳои физикӣ ҳар ду як чиз мебошанд. Ифодаҳои математикӣ ба даст оварда шуданд, ки имкон медиҳанд таъсири мутақобилаи гравитатсиониро тавассути пешгирии ҳамдигарии фазогии ҷисмҳо тавсиф кунанд.

Калидвожаҳо: физикаи классикӣ, эфир, фишори кайҳонӣ, физикаи неоклассикӣ, физикаи алтернативӣ, гравитатсия, масса, дефекти масса

ПАРУСНАЯ МОДЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

В рамках классического подхода предложена схема гравитационного взаимодействия, которая объединяет математическую форму взаимодействия по Ньютону с наглядностью модели взаимодействия по Декарту и Лесажу. Показано, что масса в теории гравитации Ньютона и пространственный размер физических тел в подходе Декарта - Лесажа количественно пропорциональны друг другу и играют идентичную роль в описании механизма гравитационного взаимодействия. Гравитационное взаимодействие проявляется как результат взаимного пространственного перекрытия физических тел в поле эфирного потока. Дефект массы рассматривается как результат взаимного пространственного перекрытия нуклонов в атомном ядре на пути частиц эфирного потока. Предложена структура собственного поля физического тела в виде конечного числа силовых линий, которые начинаются в теле и уходят в бесконечность. Такая модель согласуется с идеей П.Дирака, высказанная по поводу дальнейшего развития физической теории. Высказано мнение о том, что роль классического эфира могут сыграть собственные поля физических тел, являясь материальной средой, обеспечивающей физическое взаимодействие тел. Механизм взаимодействия названа парусной в связи с тем, что вещественные тела лишь испытывают внешнее давление, как парус в потоке ветра. Предложенный подход приводит к заключению о том, что инертная масса и гравитационная масса

являются одним и тем же параметром в описании физических тел. Получены математические соотношения, позволяющие описать гравитационное взаимодействие эффектом пространственного перекрытия элементами взаимодействия друг друга.

Ключевые слова: классическая физика, эфир, космическое давление, неоклассическая физика, альтернативная физика, гравитация, масса, дефект массы

A SAILING MODEL OF THE PHYSICAL INTERACTION

Within the framework of the classical approach, a scheme of gravitational interaction is proposed, which combines the mathematical form of interaction according to Newton with the clarity of the model of interaction according to Descartes and Lesage. It is shown that the mass in Newton's theory of gravity and the spatial size of physical bodies in the Descartes-Lesage approach are quantitatively proportional to each other and play an identical role in describing the mechanism of gravitational interaction. Gravitational interaction is manifested as a result of mutual spatial overlap of physical bodies in the field of the ethereal flow. A mass defect is considered as a result of mutual spatial overlap of nucleons in the atomic nucleus in the path of particles of the ether stream. Structure of natural field of physical body in form of finite number of force lines which begin in body and go into infinity is proposed. Such a model is consistent with the idea of P. Dirac, expressed about the further development of physical theory. The view was expressed that the role of the classical ether can be played by its own fields of physical bodies, being a material medium that ensures the physical interaction of bodies. The interaction mechanism is called sail because real bodies only experience external pressure, like a sail in a wind flow. The proposed approach leads to the conclusion that the inert mass and gravitational mass are the same parameter in the description of physical bodies. Mathematical relations were obtained that allow to describe gravitational interaction by the effect of spatial overlap by elements of interaction of each other.

Keywords: classical physics, ether, cosmic pressure, neoclassical physics, alternative physics, gravity, mass, mass defect

Маълумот дар бораи муаллиф: *Раҷабов Тоир Махсудович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзоди илмҳои физика ва математика, ходими пешбари Институти илмӣ-тадқиқотӣ

Сведения об авторе: *Раджабов Тоир Махсудович* – Таджикский национальный университет, кандидат физ.-мат., наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института

Information about the author: *Radjabov Toir Mahsudovich* – Tajik National University, Ph.D. in Physics and Mathematics, Sciences, Leading Researcher of the Research Institute

Давлатов О.Ш., Ганиев И.Н., Одиназода Ӣ.О., Раҷабалиев С.С.
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

Дар солҳои охир хӯлаҳои алюминий ҳамчун масолеҳи конструксионӣ баривази конструксияҳои пӯлодин рӯ ба афзоишанд. Дар натиҷаи таҳқиқоти муфассали диаграммаи ҳолати системаҳои металлӣ дар асоси алюминий, хӯлаҳои нави сабук бо таснифӣ конструксионӣ коркард карда баромада шудаанд, ки аз пӯлоди афзалтар ва камарзиш мебошанд. Ба чунин системаҳои хӯлаҳои алюминий бо иловаҳои магний, рӯҳ, литий, мис ва ғ. шомиланд [1,2].

Монеаи асосии васеъ истифодабарии алюминий ва хӯлаҳои алюминий дар соҳаҳои гуногуни истеҳсолот ин зиёд будани миқдори ғашӣ дар таркиби он ба монанди оҳан ва силитсий ба шумор меравад. Ғашӣ (оҳан ва силитсий) бо алюминий фаза ҳосил намуда дар натиҷа нуқсонҳои дохилӣ ба вучуд меоранд, ки ба хосиятҳои алюминий таъсири манфӣ мерасонад.

Як қатор хосиятҳои хӯлаҳои системаи Al – Fe– Si омехта шудааст, ки бо зиёдшавии миқдори оҳан қайшӣ, худуди чоришавӣ ва муковимати қараёнии хӯла зиёд шуда, бузургии гармигузаронӣ ва худуди хастагӣ паст мешаванд.

Хӯлаҳои алюминие, ки дар таркибашон оҳан ва элементҳои нодирзаминӣ доранд ҳамчун ноқил барои қараёнгузаронӣ дар муҳарикҳои ҳавопаймоҳо ва мошинҳо, ноқилҳо, чархҳо, меҳварҳо ва дигар намуди маснуотҳо дар саноати барқ истифода бурда мешавад [3-7].

Барои гузаронидани тадқиқоти коррозсионӣ - электрохимиявӣ аз хӯлаи ҳосилшуда намунаҳои силиндрӣ бо қутрҳои 8-10 мм ва дарозии 60-100мм рехта шуда, қисми канорӣ онҳо чунин рӯйпӯш карда шуд, ки ба сифати сатҳи қорӣ асоси он хизмат менамуд. Ӣар як намунаро пешаки суфта намуда, сипас онҳоро бо спирт аз рағван ва ғашӣ пок карда, дар маҳлули NaCl-и тамғаи ЧДА бо мақсади ба даст овардани патенсиалӣ бечараён дохил намудем.

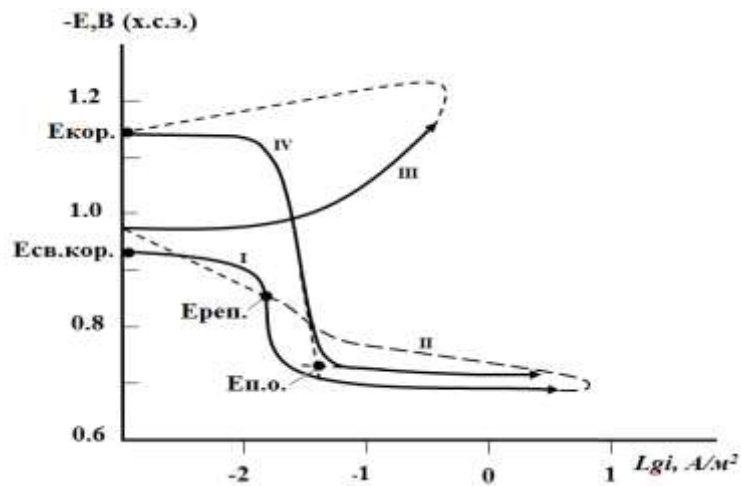
Тадқиқотҳои электрохимиявӣ хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ чавҳаронидашуда дар потенциостати ПИ-50-1.1, барномасозӣ ПР-8 ва асбоби худсабткунандаи ЛКД-4 дар речаи патенсиодинамикӣ бо суръати тобиши потенциали 2 мВ/с, иҷро карда шуд. Ӣарорати маҳлул дар зарф бо ёрии ҳароратсанҷи тамғаи МЛШ-8 доимӣ (20°C) нигоҳ дошта шуд. Ба сифати электроди тадқиқотӣ хлорию нуқрагӣ ва ҳамчун электроди ёрирасон платинагӣ хизмат расонид.

Дар раванди тадқиқотҳои электрохимиявӣ бо усули потенсиодинамикӣ намунаҳо ба самти мусбӣ потенсиал поляризатсия намуданд (расми 1, қачхатаи I). Пас аз он намунаҳо ба самти муқобил то потенсиалӣ 1200мВ поляризатсия намуданд (расми 1, қачхатаҳои II ва III), дар натиҷа дар назди қабати сатҳи электроди хӯла қабати ишқорӣ (подщелачивание) ба амал омад, ки баъд аз он намунаҳо аз нав ба самти мусбӣ поляризатсия намуданд (расми 1, қачхатаи IV).

Тадқиқот дар муҳити электролити NaCl (ГОСТу 9.017-74) ё ин, ки ҳаммонанди оби баҳрӣ бо назардошти таъсири ионҳои хлор, ба рафтори коррозсионӣ-электрохимиявӣ хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ чавҳаронидашуда гузаронида шуд.

Расми 1. Қачхатаи поляризатсионии (2 мВ/с) хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, бо қалъагӣ чавҳаронидашуда, дар муҳити электролити 0,03%-и NaCl.

Рис. 1. – Полная поляризационная кривая (2мВ/с) алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом, в среде электролита 0.03%-ного NaCl.
Fig. 1. - Full polarization curve (2mV/c) of the АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 aluminum alloy doped with tin in an electrolyte medium of 0.03% NaCl.



Ҳамин тариқ дар қачхатаҳои поляризатсионии баамаломата омили асосии электрохимиявӣ муайян карда шуд: $-E_{по}$ – потенциали питингҳосилкунӣ; $-E_{кор}$ ва $i_{кор}$ – потенциали коррозия ва ҷараёни коррозия; $-E_{рп}$ – потенциали репассивӣ, ҳамчун қачхатаи аввал дар гардиши муқобили қачхатаи анодӣ ва бо таври графикӣ қачхатаи аввали анодӣ ё ҳамчун нуқтаи бурриши хати рост ва гардиши муқобил муайян карда шуд. Муайян кардани ҷараёни коррозияи ҳамчун хусусияти асосии электрохимиявӣ дар раванди коррозия дар қачхатаи катодӣ бо назардошти тафелии моил $V_k = 0.12V$ гузаронида шуд.

Суръати коррозияшавӣ дар навбати худ функцияи ҷараёни зангзанӣ ба ҳисоб рафта, бо ифодаи зерин муайян карда мешавад [7-10]:

$$K = i_{кор} \cdot k,$$

ки дар ин ҷой $k = 0.335$ г/А·соат (барои алюминий ва ҳулаҳои он) баробар мешавад.

Натиҷаи тадқиқоти коррозияи электрохимиявӣ ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, ки бо қалъагӣ ҷавҳаронида шудааст дар ҷадвали 1-3 оварда шудаанд.

Тадқиқотҳо нишон медиҳанд, ки дар дақиқаҳои аввали воридкунии намунаҳо ба маҳлули электролитӣ, потенциали озоди коррозия зуд ба самти мусбӣ майл мекунад. Дар ин ҳолат агар мутобиқшавии потенциали коррозияи ҳулаи ибтидоӣ дар 40 дақиқа мушоҳида карда шавад, пас ин ҳолат барои ҳулаҳои ҷавҳаронидашуда ду маротиба тезтар, аниқтараш дар 20-25 дақиқа мегузарад, ки нисбатан суръати баланди пассиватсияро бо таъсири иловаи қалъагӣ нишон медиҳад (расми 1).

Пас аз 1 соати нигоҳдорӣ дар маҳлули электролити 3%-и NaCl потенциали озоди коррозияи ҳулаи ибтидоӣ ба $-0.936V$, ва аз ҳулаи бо 0.5 %-и вазни қалъагӣ ҷавҳаронидашуда ба $-0.897V$ баробар шуд. Чунин ҳолатро дар ҳамаи муҳитҳои тадқиқотшуда мушоҳида кардан мумкин аст. Аз ҷадвали 1 бар меояд, ки потенциали озоди коррозияи зангзании ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда дар се муҳити электролитӣ ба самти мусбӣ майл мекунад.

Ба сифати намуна дар расми 2 қачхатаҳои анодии поляризатсионии ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда дар муҳити электролити 0.03, 0.3 ва 3% NaCl оварда шудааст. Дар расм гардиши такрорӣ қачхатаи анодии поляризатсионӣ пас аз поляризатсияи катодии сатҳи намуна нишон дода шудааст.

Ҷадвали 1. Нишондиҳандаҳои коррозияи электрохимиявии ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда, дар муҳити электролити NaCl.

Таблица 1. Коррозионно-электрохимические характеристики алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом, в среде электролита NaCl.
Table 1. Corrosion-electrochemical characteristics of the aluminum alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, doped with tin in an electrolyte NaCl.

Мухити NaCl, %-и вазн	Микдори қалъагӣ дар хӯла, %-и вазн	Потенциалҳои электрохимиявӣ, В, (х.с.э)				Суръати коррозия	
		-E _{св. корр.}	-E _{корр.}	-E _{по.}	-E _{реп.}	I _{корр.} ·10 ²	K _{корр.} ·10 ³
						A/м ²	г/м ² ·ч
0,03	-	0,894	1,056	0,642	0,800	0,28	9,38
	0.01	0,884	1,044	0,630	0,788	0,24	8,04
	0.05	0,876	1,031	0,617	0,780	0,22	7,37
	0.1	0,868	1,018	0,601	0,770	0,20	6,70
	0.5	0,862	1,004	0,588	0,770	0,18	6,30
0,3	-	0,917	1,100	0,694	0,838	0,39	13,65
	0.01	0,906	1,087	0,676	0,830	0,37	12,39
	0.05	0,897	1,072	0,660	0,822	0,35	11,72
	0.1	0,890	1,056	0,644	0,820	0,33	11,05
	0.5	0,882	1,040	0,630	0,811	0,31	10,38
3,0	-	0,936	1,140	0,720	0,870	0,52	17,42
	0.01	0,923	1,128	0,706	0,861	0,50	16,75
	0.05	0,914	1,116	0,690	0,849	0,48	16,08
	0.1	0,906	1,104	0,677	0,840	0,46	15,41
	0.5	0,897	1,092	0,660	0,832	0,44	14,74

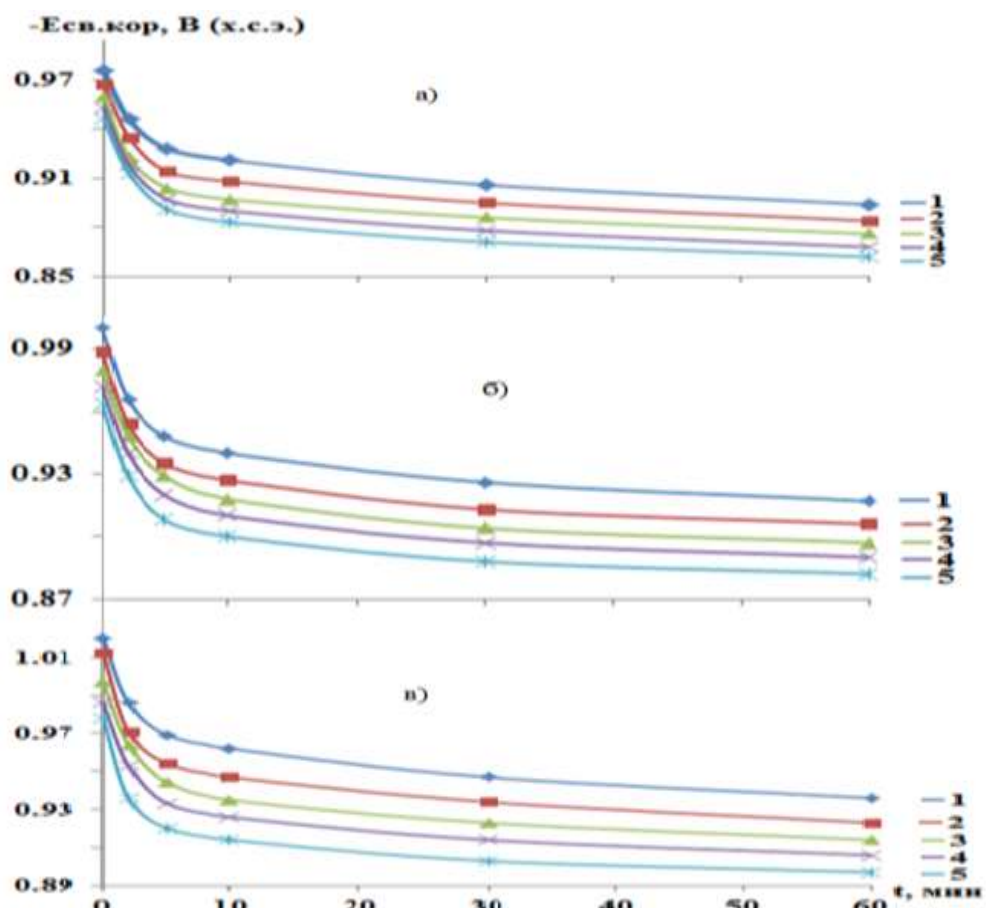
Бо зиёдшавии микдори қалъагӣ дар хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 потенциалҳои питингҳосилкунӣ ва репассивӣ дар муҳити электролитӣ NaCl ба самти мусбӣ майл мекунад. Бо зиёдшавии микдори қалъагӣ то 0,5 %-вазн дар муҳити электролитӣ 0,03%-и NaCl зичии ҷарёни коррозсионӣ аз 0.28 то 0.18 A/м² кам мешавад.

Дар маҷмӯъ, иловаи қалъагӣ аз 0,01 то 0,5 %-вазн дар хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 суръати коррозияи онро то 33% кам мекунад. Бо зиёдшавии микдори иони хлор суръати коррозияи хӯлаҳо зиёд мешавад.

Расми 2. Тағйирёбии потенциалӣ озоди коррозияи хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 (1) бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда, вобаста аз вақт, %-и вазнӣ Sn : 0.01 (2), 0.05(3), 0.1(4), 0.5(5), дар муҳити электролити 0.03% (а), 0.3% (б) ва 3.0%(в)-и NaCl [9].

Рис. 2. Временная зависимость потенциала свободной коррозии алюминиевого сплавов АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, содержащего олова, мас.% : 0,01(2), 0,05(3), 0,1(4), 0,5(5) в среде электролита 0.03% (а), 0.3% (б) и 3.0%(в) ного NaCl.

Fig.2. Temporary dependence of the free corrosion potential of aluminum alloys AZh2.4M5.3Mg1.1Ts4Kr3, containing tin, wt%: 0.01 (2), 0.05 (3), 0.1 (4), 0.5 (5) in electrolyte medium (a) 0.03%, (b) 0.3%, and (c) 3.0% NaCl.



Чадвали 2. Вобастагии суръати коррозияи хӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда вобаста ба миқдори иони хлор дар муҳити электротролити NaCl.

Таблица 2. Коррозионно-электрохимические характеристики сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, модифицированного оловом, в среде электролита NaCl.
Table 2. Corrosion-electrochemical characteristics of the alloy АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, modified with tin, in an electrolyte environment NaCl.

Микдори қалъагӣ дар хӯла, %-и вазн	Суръати коррозияшавии хӯлаҳо дар муҳитҳои					
	0.03% NaCl		0.3% NaCl		3% NaCl	
	$I_{корр} \cdot 10^2, \frac{A}{m^2}$	$K \cdot 10^3, \frac{г}{m^2 \cdot соат}$	$I_{корр} \cdot 10^2, \frac{A}{m^2}$	$K \cdot 10^3, \frac{г}{m^2 \cdot соат}$	$I_{корр} \cdot 10^2, \frac{A}{m^2}$	$K \cdot 10^3, \frac{г}{m^2 \cdot соат}$
0.0	0,28	9,38	0,39	13,65	0,52	17,42
0.01	0,24	8,04	0,37	12,39	0,50	16,75
0.05	0,22	7,37	0,35	11,72	0,48	16,08
0.1	0,20	6,70	0,33	11,05	0,46	15,41
0.5	0,18	6,30	0,31	10,38	0,44	14,74

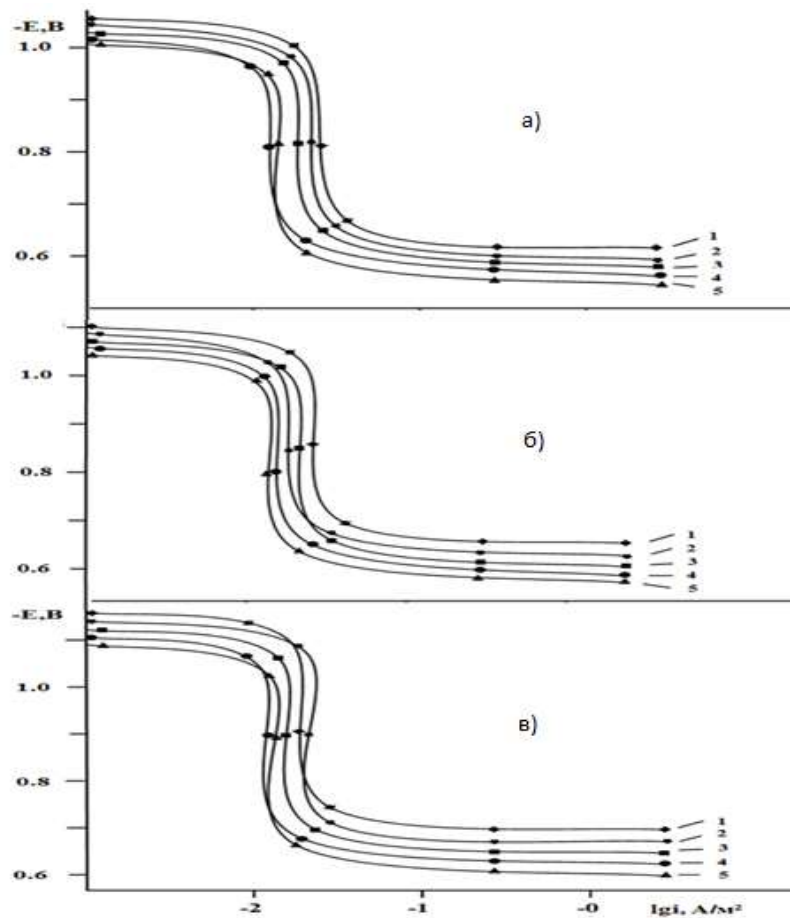
Чадвали 3. Тағйирёбии потенциали питтингҳосилкунии хӯлаи алюминийи АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда, вобаста аз консентратсияи электротролитӣ NaCl.

Таблица 3. Изменение потенциала питтингообразования алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом в зависимости от концентрации электролита NaCl.

Table 3. Changing of the pitting potential of the aluminum alloy АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 doped with tin depending on the concentration of the NaCl electrolyte.

Микдори қалъагӣ, %-и вазн	- $E_{п.о.}$, В		
	0.03%NaCl	0.3%NaCl	3%NaCl
Хӯлаи АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3	0,642	0,694	0,720
0.01	0,630	0,676	0,706
0.05	0,617	0,660	0,690
0.1	0,601	0,644	0,677
0.5	0,588	0,630	0,660

Дар ҷадвали 3 қиматҳои умумии потенсиали питингҳосилкунии хӯлаҳо аз миқдори иловаҳои элементи лигарӣ ва электролити NaCl оварда шудааст. Бо зиёдшавии миқдори иони хлор потенсиали питингҳосилкунии хӯлаҳо ба самти мусбат майл мекунад.



Расми 3. – Қачхатаҳои анодии поляризатсионии (2 мВ/с) хӯлаи алюминийи АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 (1), бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда, %-и вазн: 0.01 (2), 0.05 (3), 0.10 (4), 0.50 (5), дар муҳити электролити 0.03% (а), 0.3% (б) ва 3.0%(в)-и NaCl.

Рис. 3. Анодные поляризационные кривые алюминиевого сплава АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 (1), содержащего олова, мас. %: 0.01(2), 0.05(3), 0.1(4), 0.5(5), в среде электролита 0.03% (а), 0.3% (б) и 3.0%(в)- ного NaCl.

Fig.3. Anodic polarization curves of the aluminum alloy AZh1.4M5.3Mg1.1Ts4Kr3 (1), containing tin, wt%: 0.01 (2), 0.05 (3), 0.1 (4), 0.5 (5), in an electrolyte medium 0.03% (a), (B) 0.3%, and (c) 3.0% NaCl.

Натиҷаи тадқиқотҳо нишон медиҳад, ки иловаи элементи ҷавҳарӣ бо миқдори аз 0,01 то 0,5 %-и вазн, ба коррозияустувории хӯлаи алюминийи АЖ1.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 33% зиёд мекунад.

АДАБИЁТ

1. Амонов И.Т. Коррозия сплава Al+2.18%Fe, легированного элементами подгруппы иттрия/И.Т. Амонов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов//Германия: Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.-93 с.
2. Амонов И.Т. Сплавы алюминия с железом, РЗМ и элементами подгруппы галлия/И.Т.Амонов, З.Р.Обидов, И.Н.Ганиев// Германия: Изд.дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.-93с.
3. Раджабалиев С.С. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al+2,18%Fe/ С.С.Раджабалиев, И.Н.Ганиев, И.Т. Амонов // Вопросы материаловедения. Научно-технический журнал, 2016, №2(86), Санкт – Петербург, С. 147-151.
4. Раджабалиев С.С. Потенциодинамическое исследование сплава Al+2,18%Fe, легированного оловом и висмутом/ С.С.Раджабалиев, И.Н.Ганиев, И.Т. Амонов, М.Т.Норова //Известия СПбГТИ (технического университета), 2016, №35(61). – С. 22-25.
5. Раджабалиев С.С. Анодное поведение сплава Al+2,18%Fe, легированного оловом/ С.С.Раджабалиев, И.Н.Ганиев, И.Т.Амонов, М.Т.Норова // Вестник Таджикского технического университета, 2013, №2 (22). – С.60-63.
6. Луц А.Р. Алюминий и его сплавы/ А.Р.Луц, А.А. Сулина // Самара: Самарск. гос. тех. универ., 2013. – 81 с.
7. Горо Н. Коррозия алюминия и его сплавов/ Н.Горо // Босекугидаюзу, 1978. – С.194-202
8. Джайлоев Дж.Х. Потенциодинамическое исследование сплава Al+2,18%Fe, легированного барием / Дж.Х. Джайлоев // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология, 2014. – Т.57, №2 – С.97-98.
9. Давлатов О.Ш. Электрохимическое поведение сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, легированного оловом, в среде электролита 3% -ногоNaCl/ О.Ш.Давлатов, И.Н.Ганиев, Х.О.Одиназода, С.С.Раджабалиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. 2019. №3 (47). – С. 63 – 67.
10. Азимов Х.Х. Потенциодинамическое исследование сплава Al+2.18%Fe, модифицированного литием, в среде электролита NaCl/ Х.Х. Азимов, И.Н. Ганиев, И.Т. Амонов, Дж.Х. Джайлоев // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. - Т.59.- №2.- 2016. - С. 74-78.

REFERENCES LITERATURE

1. Amonov I.T. Corrosion of the Al + 2.18% Fe alloy doped with elements of the yttrium subgroup. Amonov, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov // Germany: Ed. House LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.-93 p.
2. Amonov I.T. Alloys of aluminum with iron, rare-earth metals and elements of the gallium subgroup / I. T. Amonov, Z. R. Obidov, I. N. Ganiev // Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.-93p.
3. Rajabaliyev S.S. Radzhabaliyev S.S., Ganiev I.N., Ganiev I.T., Influence of lead on the anodic behavior of the Al + 2.18% Fe alloy. Amonov // Problems of Materials Science. Scientific and technical journal, 2016, No. 2 (86), St. Petersburg, pp. 147-151.
4. Rajabaliyev S.S. Potentiodynamic study of the Al + 2.18% Fe alloy doped with tin and bismuth / S. S. Rajabaliyev, I. N. Ganiev, I. T. Amonov, M.T. Norova // Izvestiya SPbGTI (Technical University), 2016, No. 35 (61). - P. 22-25.
5. Radjabaliyev S.S. Anodic behavior of Al + 2.18% Fe alloy alloyed with tin / S. S. Rajabaliyev, I. N. Ganiev, I. T. Amonov, M. T. Norova // Bulletin of the Tajik Technical University, 2013, No. 2 (22). - P. 60-63.
6. Luts A.R. Aluminum and its alloys / A.R. Luts, A.A. Suslina // Samara: Samarsk. state those. Univ., 2013 . - 81 p.
7. Goro N. Corrosion of aluminum and its alloys / N. Goro // Bosekugidayuzu, 1978. - P.194-202
8. Dzhaliyev J.Kh. Potentiodynamic study of Al + 2.18% Fe alloy doped with barium / J.H. Dzhaliyev // News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology, 2014. –Т.57, No. 2 - P.97-98.
9. Davlatov O.Sh. Electrochemical behavior of alloy AZh2.4M5.3Mg1.1Ts4Kr3 doped with tin in an electrolyte of 3% NaCl / O.Sh.Davlatov, I.N.Ganiev, Kh.O. Odiazoda, S.S.Radzhabaliyev // Polytechnic Bulletin. Engineering Research Series. 2019. No. 3 (47). - P. 63 - 67.
10. Azimov Kh.Kh. Potentiodynamic study of the Al + 2.18% Fe alloy modified with lithium in an electrolyte NaCl / Kh.Kh. Azimov, I.N. Ganiev, I. T. Amonov, J.H. Dzhaliyev // News of higher educational institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology. - Т.59.- No. 2.- 2016. - P. 74-78.

РАҒТОРИ КОРРОЗИОНӢ - ЭЛЕКТРОХИМИЯВИИ ХӢЛАИ АЛЮМИНИИ АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 БО ҚАЛЪАГӢ ЧАВӢАРНИДАШУДА

Хӯлаҳои алюминий дар соҳаҳои мухталиф ҳамчун маводҳои муҳим ва механизмҳои табиоти гуногун – аз техникаҳои маишӣ то аппаратҳои парвозкунанда, васеи истифода бурда мешаванд. Аммо, ба бисёри муҳим ва механизмҳои бори зиёдатӣ таъсир мерасонад: зарба, тағйирҳои даврии ҳарорат, ларзиш ва ғ. Бо назардошти гуфтаҳои боло, ҳангоми сохтани муҳим ва механизмҳои омӯхтани ҳосиятҳои ҳамачонибаи ин хӯлаҳо зарур аст. Омӯзиши ҳосиятҳои коррозионию электрохимиявии хӯлаи алюминий АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ чавҳаронидашуда дар потенциостати ПИ-50-1.1, барномасозӣ ПР-8 ва асбоби худсабткунандаи ЛҚД-4 дар речаи

патенсидинамикӣ бо суръати тобиши потенциали 2 мВ/с дар муҳити электролити NaCl, иҷро карда шуд. Ҳарорати маҳлул дар зарф бо ёрии ҳароратсанчи тамғаи МЛШ-8 доимӣ (20°C) нигоҳ дошта шуд. Ба сифати электроди тадқиқотӣ хлорию нуқрагӣ ва ҳамчун электроди ёрирасон платинагӣ хизмат расонид. Дар натиҷаи таҳқиқот маълум гардид, ки бо зиёдшавии миқдори элементи лигарӣ (қалъагӣ), суръати коррозияи ҳулаи ибтидои паст мешавад. Инчунин бо зиёдшавии миқдори қалъагӣ дар ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, потенциали питингҳосилкунӣ дар муҳити электролитӣ NaCl ба самти мусбӣ майл мекунад. Дар ин ҳолат потенциали репассивӣ бошад ба самти муқобил майл мекунад. Бо зиёдшавии миқдори қалъагӣ то 0,5 %-вазн дар муҳити электролитӣ 0,03%-и NaCl зичии ҷарёни коррозия аз 0.28 то 0.18 А/м² кам мешавад. Дар маҷмӯъ, иловаи қалъагӣ аз 0,01 то 0,5 %-вазн дар ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 суръати коррозияи онро то 33% кам мекунад. Бо зиёдшавии миқдори иони хлор суръати коррозияи ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ ҷавбаронидашуда зиёд мешавад.

Калидвожаҳо: Ҳулаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, қалъагӣ, усули патенсидинамикӣ, коррозия, суръати зангзанӣ, ҷараёни каррозия, потенциали озоди коррозия, потенциали питингҳосилкунӣ.

КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 ЛЕГИРОВАННОГО ОЛОВОМ

Алюминиевые сплавы широко применяются в различных отраслях промышленности в качестве материала для деталей машин и механизмов самых разных назначений – от бытовой техники до летательных аппаратов. Однако многие машины и механизмы при этом подвержены значительным нагрузкам: удару, циклическому изменению температуры, вибрации и т.п. Учитывая вышеизложенное при конструировании деталей и механизмов необходимо всестороннее изучение свойств этих сплавов. Изучено коррозионно-электрохимическое поведение сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, модифицированного оловом, в среде электролита NaCl проводились на потенциостате ПИ-50-1.1 в потенциодинамическом режиме со скоростью развёртки 2 мВ/с с выходом на программатор ПР-8 и самозаписью на ЛКД-4. Температура раствора в ячейке поддерживалась постоянно (20°C) с помощью термостата МЛШ-8. Электродом сравнения служил хлоридсеребряный, вспомогательным – платиновый. С увеличением концентрации олова в сплаве АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, в среде электролита NaCl потенциал питтингообразования смещается в более положительную область. С ростом концентрации олова до 0.5 мас.%, в среде 0.03% NaCl плотность тока коррозии уменьшается от 0.28 до 0.18 А/м². В целом добавки олова от 0.01 до 0.5 мас.% в сплав АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 уменьшают скорость его коррозии на 33%. С ростом концентрации хлорид-иона скорость коррозии сплавов увеличивается.

Ключевые слова: алюминий-сплав АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3, олово, потенциостатический метод, коррозия, скорость коррозии, ток коррозии, потенциал свободной коррозии, потенциал питтингообразования.

CORROSION-ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF ALLOY AZH2.4M5.3Mg1.1TS4Kr3 MODIFIED WITH TIN

Aluminum alloys are widely used in various industries as a material for machines and mechanisms for a wide variety of purposes - from household appliances to fly apparatus. However, many machines and mechanisms are support to significant loads: shock, cyclic of temperature changes, vibration, and etc. Considering to the above, on the designing the detail parts and mechanisms, it is necessary to expand all the sides of learning characteristics of these alloys. The corrosion-electrochemical behavior of the alloy Azh2.4M5.3Mg1.1Ts4Kr3, were considered and modified with tin, in an electrolyte NaCl medium was conducted on potential PU-50-1 with potential dynamic mode and the speed of 2mV\c with the out of PR-8. The temperature of the solution in the cell was kept constant (200C) using an MLSh-8 thermostat. The reference electrode was silver chloride, and the auxiliary electrode was platinum. With an increase in the concentration of tin in the Azh2.4M5.3Mg1.1Ts4Kr3 alloy, in an electrolyte medium NaCl mixes the pitting potential to a more positive part of sphere. In this case, the passivation potential shifts to the negative sphere. With an increase in the scandium concentration to 0.5 wt%, in a 0.03% NaCl medium, the corrosion current density decreases from 0.28 to 0.18 A / m². In general, the addition of tin from 0.01 to 0.5 wt% to the AZh1.4M5.3Mg1.1Ts4Kr3 alloy reduces its corrosion rate by 33%. With an increasing in the concentration of chloride ion, the corrosion rate of alloys increases.

Keywords: alloy AZh2.4M5.3Mg1.1Ts4Kr3, tin, potentialstatic method, corrosion, corrosion rate, corrosion current, free corrosion potential, pitting potential.

Маълумот дар бораи муаллиф. Давлатов Ориф Шералиевич – Донишгоҳи техникии Тоҷикистонба номи акад. М.С. Осимӣ, муаллими калони кафедраи механикаи назариявӣ ва муқовимати мавод. **Суроға:** 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. академикҳо Раҷабовҳо, 10. **E-mail:** davlatov_orif@mail.ru **Тел.:** (992) 985-09-14-64.

Ганиев Изатулло Наврузович – Донишгоҳи техникии Тоҷикистонба номи акад. М.С. Осимӣ, д.и.к., профессор-мушовири шӯбаи илмӣ-тадқиқотӣ. **Суроға:** 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. академикҳо Раҷабовҳо, 10. **Тел.:** (+992) 93-488-48-79. **E-mail:** ganiev48@mail.ru.

Одиназода Хайдар Одина – Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, узви вобаста, д.и.т., профессор. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 33. Тел.: (+992)98-776-44-44. E-mail: odhaidar@mail.ru.

Раҷабалиев Сафомудин Сайдалиевич – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ, н.и.т., и.в. дотсенти кафедраи масолахшиносӣ, мошинҳо ва таҷҳизотҳои металлургӣ. Суроға: 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. академикҳо Раҷабовҳо, 10. E-mail: safo_02@mail.ru. Тел.: (992) 918-18-40-82

Сведения об авторах: Давлатов Ориф Шералиевич - Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, старший преподаватель кафедры теоретической механики и сопротивления материалов. Адрес: 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. ак. Раҷабовых, 10. E-mail: davlatov_orif@mail.ru. Тел.: (992) 985-09-14-64 .

Ганиев Изатулло Наврузович – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, доктор философских наук, профессор-консультант научно-исследовательского отдела. Адрес: 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. ак. Раҷабовых, 10. E-mail: ganiev48@mail.ru. Тел. : (+992) 93-488-48-79.

Одиназода Хайдар Одина – Национальная академия наук Таджикистана, член-корреспондент, доктор технических наук, профессор. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 33. E-mail: odhaidar@mail.ru. Тел. : (+992) 98-776-44-44.

Раҷабалиев Сафомудин Сайдалиевич – Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими, н.и.т., в.в. доцент кафедры материаловедения, машиностроения и металлургического оборудования. Адрес: 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. ак.Раҷабовых, 10. E-mail: safo_02@mail.ru. Тел. : (992) 918-18-40-82

Information about the authors: Davlatov Orif Sheralievich – Tajik Technical University named after Acad. M.S. Osimi, Senior Lecturer, Department of Theoretical Mechanics and Strength of Materials. Address: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. ac. Radjabovs, 10. E-mail: davlatov_orif@mail.ru. Tel. : (992) 985-09-14-64

Ganiev Izatullo Navruzovich – Tajik Technical University named after Acad. M.S. Osimi, Doctor of Philosophy, Professor-Consultant of the Research Department. Address: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. ac. Radjabovs, 10. E-mail: ganiev48@mail.ru. Tel. : (+992) 93-488-48-79.

Odinazoda Haydar Odina – National Academy of Sciences of Tajikistan, Corresponding Member, Doctor of Technical Sciences, Professor. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 33. E-mail: odhaidar@mail.ru. Tel. : (+992) 98-776-44-44.

Rajabaliyev Safomudin Saydalievich – Tajik Technical University named after Acad. M.S. Osimi, N.I.T., V.V. Associate Professor of the Department of Materials Science, Mechanical Engineering and Metallurgical Equipment. Address: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. Academician Rajabovs, 10. E-mail: safo_02@mail.ru. Tel. : (992) 918-18-40-82

КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СЕРЕБРА С 1-МЕТИЛ-2-МЕРКАПТОИМИДАЗОЛОМ

Содатдинова А.С., Сафармамадзода С.М., Абдурахмонов Б.Ф.
Таджикский национальный университет

Производные имидазола находят широкое применение в фармакологии, используются в качестве сырья для получения противомикробных препаратов [1]. 1-метил-2-меркаптоимидазол проявляет антитуберкулезную активность и широко применяется при лечении бронхиальной астмы [2]. Доказано, что биологическая активность имидазолов усиливается при координации с металлами [3,4]. Показано, что фторидный комплекс рения (V) с 1-метил-2-меркаптоимидазолом не уступает по антитуберкулезной активности 1-метил-2-меркаптоимидазолу.

Для координационной химии имидазолы представляют большой интерес так как они проявляют основные свойства и могут участвовать в реакциях комплексобразования, образуя мономерные, димерные и мостиковые комплексы. При этом дентатность имидазолов зависит от многих факторов, в том числе кислотности среды и природы растворителя. В работе [5] получены смешано лигандные соединения солей металлов с производными имидазола (1-этилимидазол, 1-метилимидазол и др.). С 2-метилимидазолом (L) и бромидом меди(II) из этанольных растворах синтезирован комплекс состава $[CuL_2Br_2]$ получен из нейтральных растворов; $(HL)_2[CuBr_4] \cdot H_2O$ – из растворов в присутствии HBr , при соотношении $M : L = 1:2$ и $pH=1$. Согласно ИК- спектрам, лиганд входит во внешнюю сферу комплекса. Комплекс состава $(HL)_2[Cu_2Br_6]$ выделен из растворов выделен с $pH=2-3$, HL^+ – внешнесферный катион. В работе [6] определены состав и строение мономерных, димерных и полимерных бензимидазольных комплексов меди (II), полученных при взаимодействии хлорида меди с бензимидазолом в среде этанола.

В работе [7] исследовано комплексобразование имидазола, 2-метилимидазола, бензимидазола, пиразола и обнаружена их донорная способность в реакциях с солями многих металлов (меди, палладия, платины, кобальта). В этих комплексах имидазолы ведут себя как монодентатные лиганды с координацией к иону металла через атом азота. Авторами [8] разработаны оптимальные условия синтеза комплексов рения (V) с имидазолом и 2-меркаптоимидазолом в зависимости от соотношения исходных реагентов и концентрации галогеноводородных кислот. Установлено, что имидазол к рению (V) координируется посредством атома азота, а 2-меркаптоимидазол через атом серы. Авторы [9] исследовали комплексобразование нитрата серебра с имидазолом, 3-аминопиридином, никотинамидом, 5-бром-2-аминопиридином в водно-этанольных растворах. Используя значение ΔE гальванической цепи двумя независимыми методами, определены константы устойчивости комплексов. Для имидазола, 3-аминопиридина и никотинамида с увеличением содержания спирта в растворе наблюдается увеличение общей константы устойчивости. В работах [10-12] разработаны условия синтеза и определены константы устойчивости комплексов серебра (I) с имидазолин-2-тионом (N,N-этилентиомочевиной). Показано, что имидазолин-2-тион координируется с серебром (I) посредством атома серы. Установлено, что устойчивость комплексов серебра (I) при переходе от имидазола к имидазолин-2-тиону возрастает.

В работе [13] исследованы физико-химические свойства координационных соединений меди с имидазолом. Методом растворимости изучена система $CuSO_4 \cdot C_3H_4N_2 \cdot H_2O$. Установлено образование комплексных соединений состава $CuSO_4 \cdot 6C_3H_4N_2 \cdot 6H_2O$ и $CuSO_4 \cdot 2C_3H_4N_2 \cdot 2H_2O$. Полученные комплексы выделены в кристаллическом виде и идентифицированы методами ИК-спектроскопии, элементного, термического и рентгенофазового анализов. ИК- спектроскопическим методом доказано, что в комплексах

координация имидазола к металлу, независимо от условий синтеза, осуществляется монодентатно посредством пиридинового атома азота.

Авторы [14] методом изотермической растворимости исследовали образование комплексного соединения марганца с имидазолом состава $MnCl_2 \cdot 6C_3H_4N_2 \cdot 4H_2O$. Выделенный комплекс охарактеризован методом РФА, ИК спектроскопии и термогравиметрии. По данным РФА вычислены межплоскостные расстояния, интенсивности пиков дифрактограммы, параметры элементарной ячейки, пространственная группа. Установлено, что кристалл комплекса принадлежит к моноклинной сингонии. Методом ИК - спектроскопии установлено, что имидазол проявляет себя как монодентатный лиганд, координируясь с металлами через пиридиновый атом азота имидазольного цикла. Синтезированы, установлены состав, строение и исследовали термическую устойчивость координационных соединений рения (V) с метилмеркаптобензимидазолом [15]. В работе [16] синтезированы соединения рения с бензимидазолом. Определены состав и структура полученных координационных соединений. На основании данных инфракрасной спектроскопии установлено, что координация происходит посредством пиридинового атома азота бензимидазола. Учитывая высокую биологическую активность серебра и 1МИ, а также то, что в литературе отсутствуют сведения о комплексных соединениях серебра (I) с 1-метил-2-меркаптоимидазолом, актуальным является исследование комплексообразования в этой системе.

В настоящем сообщении приведены сведения о получении и свойствах комплексных соединений серебра с 1-метил-2-меркапто-имидазолом.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве исходных соединений использовали 1-метил-2-меркаптоимидазол, полученный по методике [17], нитрат серебра марки ч.д.а. Серебро определяли в виде $AgCl$, азот, углерод, серу и водород на приборе MICROCHNS. Нитрат-ион определяли потенциометрическим методом с использованием ионоселективного электрода. Электрическую проводимость комплексов измеряли на кондуктометре марки «HI 8733 Conductivitymeter». ИК спектры 1-метил-2-меркаптоимидазола и синтезированных комплексов регистрировали на приборе «SHIMADZU», Порошковые рентгенограммы снимали на дифрактометре «ДРОН-3» с использованием методов «просвет» и «отражения». Дериватограммы комплексов снимали на дериватографе «Q-1500», «Паулик-Паулик-Эрдей» при скорости подъема температуры $10^{\circ}C/мин$.

Методика синтеза $[Ag(1МИ)NO_3]H_2O$. К 25мл H_2O , содержащей 0,5г $AgNO_3$, при перемешивании по порциям добавляли водный раствор, содержащий 0,33г 1-метил-2-меркаптоимидазола. При добавлении 1-метил-2-меркаптоимидазола к раствору нитрата серебра мгновенно образуется светло-жёлтый осадок. Осадок с раствором перемешивали в течение двух часов, затем фильтровали, промывали холодной водой, спиртом и сушили в вакуум-эксикаторе над твёрдым КОН. Комплекс плохо растворим в воде, спирте ДМФА, ДМСО и ацетоне.

Найдено, %: Ag–34,9; C–14,9; N–8,9; S–9,9; H–2,1. Для $[Ag(1МИ)NO_3]H_2O$ вычислено, %: Ag–35,8; C–15,9; S–10,6; N–9,27; H–1,98.

Методика синтеза $[Ag(1МИ)_2]NO_3 \cdot H_2O$. К 25мл водного раствора, содержащего 0,5г $AgNO_3$, при интенсивном перемешивании, по порциям добавляли раствор, содержащий 1,0г 1-метил-2-меркаптоимидазола. При этом, в начале образуется светло – жёлтый осадок, а затем цвет осадка меняется на белый и происходит образование хлопьевидного осадка. Раствор с осадком перемешивали в течение четырёх часов, а затем фильтровали, промывали водой, спиртом и сушили в вакуум-эксикаторе над КОН. Комплекс плохо растворим в воде, ДМФА, ДМСО и ацетоне.

Найдено, %: Ag–24,6; C–22,5; N–14,6; S–13,9; H–2,71. Для $[Ag(1МИ)_2]NO_3 \cdot H_2O$ вычислено, %: Ag–25,96; C–23,1; N–13,5; S–15,4; H–2,88.

Методика синтеза $[\text{Ag}(\text{1MI})_3(\text{H}_2\text{O})]\text{NO}_3$. К раствору, содержащему 0,5г AgNO_3 в 25мл H_2O , при перемешивании по порциям добавляли водный раствор, содержащий 1,68г 1-метил-2-меркаптоимидазола в 50мл H_2O . При добавлении первых порций 1-метил-2-меркаптоимидазола к раствору нитрата серебра наблюдали образование светло жёлтого осадка, а затем растворение образовавшегося осадка при избытке 1-метил-2-меркаптоимидазола в растворе. После трёхчасового перемешивания раствор оставляли для выделения осадка на двое суток. Образовавшиеся кристаллы отфильтровывали, промывали ледяной водой, этанолом и высушивали в вакуум-эксикаторе над твёрдым KOH . Комплекс растворяется в воде, ДМФА, ДМСО и ацетоне. Найдено, %: Ag –20,6; C –26,4; N –16,7; S –17,6; H – 3,5. Для $[\text{Ag}(\text{1MI})_3(\text{H}_2\text{O})]\text{NO}_3$ вычислено, %: Ag –20,4; C –27,2; N –15,8, S –18,1; H –3,39;

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Синтез комплексных соединений серебра с 1-МИ проведён из водного раствора при $\text{pH}=6,5-7,0$. На рисунке 1 приведены диаграммы распределения разных форм 1-МИ ($\text{pK}_a=2,11$) в широком диапазоне pH . Из диаграммы распределения следует, что нейтральная форма 1-МИ превалирует в интервале $\text{pH}=4-8$. В этой форме 1-МИ участвует и в реакции комплексообразования с серебром.

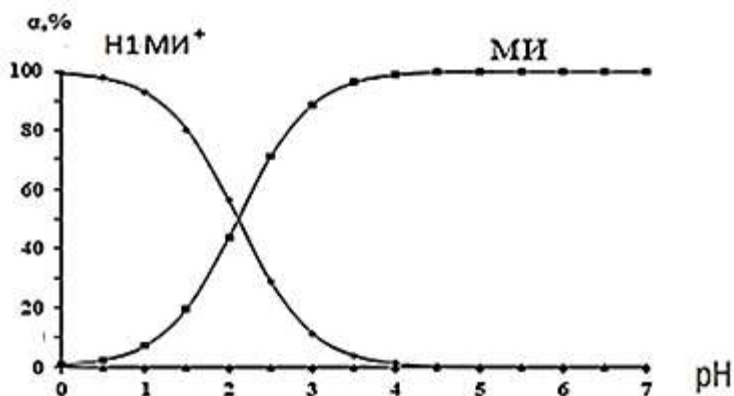
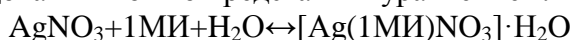
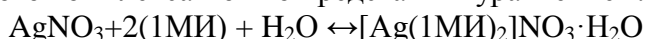


Рис.1 Диаграмма распределения частиц 1МИ в водном растворе при 298К
Fig. 1 Diagram of the distribution of 1MI particles in an aqueous solution at 298K

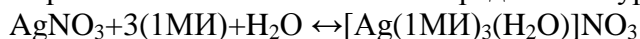
Синтез комплексных соединений из нитрата серебра и 1-МИ осуществляли в зависимости от соотношения реагирующих компонентов. При соотношении серебро–1МИ=1:1 из раствора выделяется светло-жёлтый осадок, для которого по данным элементного анализа на один моль серебра приходится один моль 1МИ. Реакцию образования этого соединения на основании данных элементного анализа и проведённых физико-химических исследований можно представить уравнением:



Если увеличить концентрацию 1МИ в растворе и довести соотношение реагирующих компонентов до 1:3, то происходит образование хлопьевидного осадка, в котором по данным элементного анализа на 1 моль серебра приходится два моля 1МИ. Реакцию образования этого комплекса можно представить уравнением:



При большом избытке 1МИ в растворе, когда соотношение серебра к 1-МИ становится равным 1:5 в начале происходит образования хлопьевидного осадка, а затем полное его растворение. При этом, кристаллы из раствора выпадают на вторые сутки. По данным элементного анализа в образующемся комплексе на 1 моль серебра приходится три моля 1-МИ. Реакцию образования комплекса можно представить уравнением:



Для определения типа электролита, к которым относится комплекс состава $[\text{Ag}(\text{1MI})_3(\text{H}_2\text{O})]\text{NO}_3$, изучали его электропроводность в воде при разных температурах и концентрации раствора. Проведённые исследования показали, что электрическая проводимость $[\text{Ag}(\text{1MI})_3(\text{H}_2\text{O})]\text{NO}_3$ в интервале температур 20-45⁰С

изменяется в пределах $126,6-188,6 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$, что соответствует электролитам типа 1:1.

Для изучения кристаллической структуры синтезированных комплексов проведены рентгенографические исследования.

На рисунке 2 в качестве примера приведена рентгенограмма комплекса $[\text{Ag}(\text{1МИ})_3\text{H}_2\text{O}]\cdot\text{NO}_3$

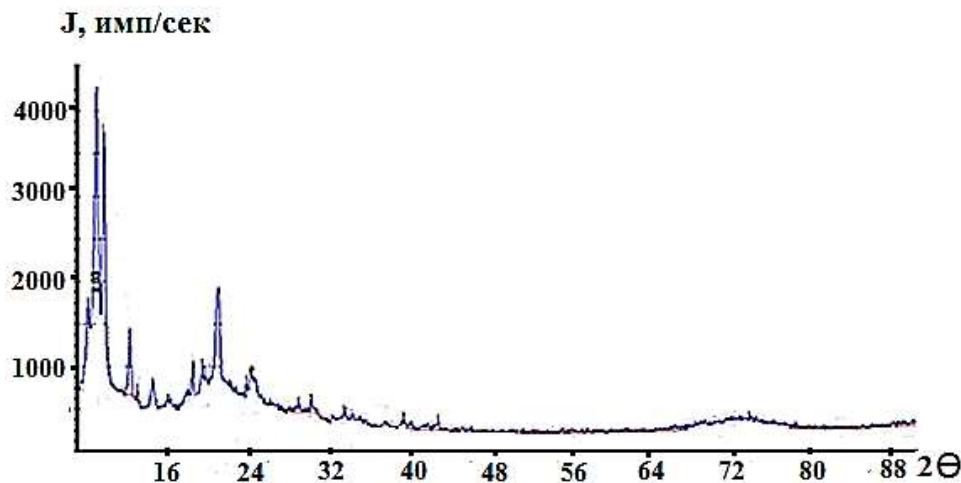


Рис.2. Зависимость интенсивности линий от 2θ для комплекса $[\text{Ag}(\text{1МИ})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$

Fig. 2. Line intensity versus 2θ for the complex $[\text{Ag}(\text{1МИ})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$

На рентгенограмме имеются 16 линий средней и сильной интенсивности, что свидетельствует о кристаллическости комплекса. Рассчитанные из порошковой рентгенограммы методом Стипла-Липсона [18] межплоскостные расстояния и параметры элементарной ячейки приведены в таблице 1.

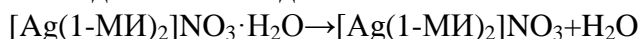
Таблица 1. Результаты индирования рентгенограммы комплекса $[\text{Ag}(\text{1МИ})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$

Table 1. The results of indexing the X-ray diffraction pattern of the $[\text{Ag}(\text{1МИ})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$

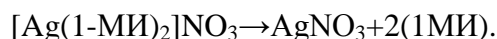
№	2θ	$\sin^2 \theta_{\text{эксп}}$	hkl	$\sin^2 \theta_{\text{теор}}$
1	7,98	0,004842	1;0;0	0,0050420
2	8,86	0,005966	0;1;0	0,0062660
3	9,62	0,007031	0;0;1	0,0042310
4	12,2	0,011292	1;1;0	0,0113080
5	12,94	0,012697	1;0;1	0,0122730
6	14,46	0,015839	1;1;1	0,0185390
7	15,87	0,019058	2;0;0	0,0201680
8	17,74	0,023776	0;2;0	0,0250640
9	18,39	0,025534	2;1;0	0,0264340
10	19,26	0,027984	0;0;2	0,0289240
11	19,73	0,029353	1;2;0	0,0301060
12	20,87	0,032804	2;1;1	0,0336650
13	22,98	0,036729	1;2;1	0,0373370
14	24,18	0,043868	1;1;2	0,0402320
15	24,61	0,045418	2;2;0	0,0452320
16	27,99	0,058485	3;1;1	0,0588750
17	28,83	0,061973	1;3;0	0,0614360

Параметры элементарной ячейки комплекса оказались равными: $a = 10,8581 \text{ \AA}$, $b = 9,6375 \text{ \AA}$, $c = 9,0863 \text{ \AA}$. Число молекул в ячейке равно 2. Соединение имеет орторомбическую сингонию.

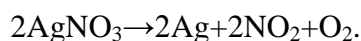
Процесс термического разложения комплексов является сложным и протекает в несколько стадий, которые характеризуются потерей массы, эндо- и экзотермическими эффектами. Так, термодегидратация комплекса $[\text{Ag}(\text{1MI})_2]\text{NO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в воздушной атмосфере протекает в интервале $100-140^\circ\text{C}$ с потерей массы равной - 3,9%. На кривой ДТА комплекса в этой области имеется эндоэффект. Прогретый при 140°C в изотермических условиях комплекс меняет свой цвет и становится чёрным. Потеря массы при этом составила - 3,5%. Теоретически потеря массы в пределах 3,5-3,9% соответствует удалению одной молекулы воды из состава комплекса по уравнению:



Вторая стадия терморазложения комплекса протекает при $180-350^\circ\text{C}$. В этой области температур по данным кривой ТГ масса комплекса уменьшается на 60,1%. На кривой ДТА в этой области температур имеются два экзоэффекта. С целью более точного определения протекающих в области $180-350^\circ\text{C}$ процессов, 0,5г комплекса было выдержанно в экзотермических условиях в термощкафу в течение 2,5-3 часов до постоянной массы. Прогретый комплекс становится чёрным и теряет 58% своей массы. С учётом потери массы комплекса, данных элементного анализа и ИК-спектроскопии (отсутствие полос, характерных для 1-метил-2-меркаптоимидазол) можно предположить, что в области температур $180-350^\circ\text{C}$ происходит полное сгорание молекул 1-МИ и образование нитрата серебра по схеме:



Третья стадия терморазложения протекает в области температур $400-750^\circ\text{C}$ с потерей массы по кривой ТГ равной 18%. На кривой ДТА в этой области температур наблюдается экзоэффект. Продукт реакции по данным элементного анализа состоит из металлического серебра. На третьей стадии терморазложения протекает образование металлического серебра по уравнению:



В области температур $750-1000^\circ\text{C}$ на кривой ДТА наблюдается эндоэффект без потери массы по кривой ТГ, который соответствует плавлению металлического серебра.

Термограмма комплекса $[\text{Ag}(\text{1MI})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$ (рис.3) в области температур $150 - 170^\circ\text{C}$ характеризуется эндоэффектом, которому на кривой ТГ соответствует потеря массы равная 3,3%.

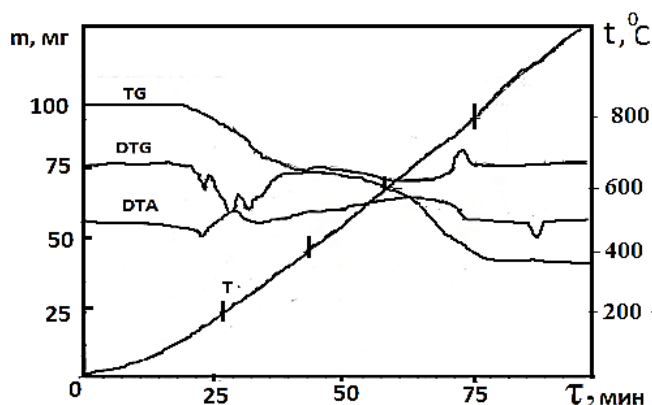
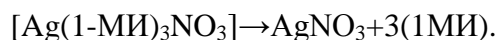


Рис. 3. Термогравиграмма комплекса состава $[\text{Ag}(\text{1MI})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$
 Fig.3. Thermogravigram of the complex with the composition $[\text{Ag}(\text{1MI})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$

Теоретически удаление одной молекулы воды из состава комплекса также равно 3,4%. Вторая стадия терморазложения комплекса протекает в области $190 - 500^\circ\text{C}$. В этой области температур на кривой ДТА наблюдаются два чередующихся экзоэффекта, которым соответствует потеря массы по кривой ТГ равная 61,1%. Теоретически удаление

из состава комплекса трёх молей 1МИ равно 64,5%. В ИК-спектре прогретого при 500⁰С в изотермических условиях комплекса полностью отсутствуют полосы, характерные для 1-МИ. Данные элементного анализа прогретого комплекса, ИК-спектроскопические исследования и данные термогравиметрии дают основание предположить, что на второй стадии происходит разложение молекул имидазола и их удаление из состава комплекса по схеме:

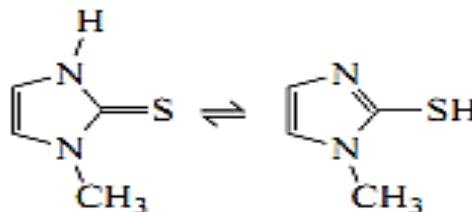


То же самое мы наблюдали при терморазложении двухзамещённого комплекса в области температур 180-350⁰С. Разница состоит лишь в том, что температура начала разложения трёхзамещённого комплекса начинается при 190⁰С и заканчивается при 500⁰С. В области температур 500 -830⁰С на термограмме наблюдается экзоэффект, которому по данным ДТА соответствует потеря массы равная 17,5%, что соответствует разложению нитрата серебра.

Проведённые исследования показали, что термический распад 1-метил-2-меркаптоимидазольных комплексов серебра на воздухе протекает в несколько стадий и охватывает процесс дегидратации, термический распад молекул 1-метил-2-меркаптоимидазола в составе комплексов, разложения нитрата и образования металлического серебра.

Сравнение ИК-спектров AgNO₃, 1МИ и полученных комплексов свидетельствует об образовании новых соединений, в которых с некоторыми изменениями проявляются характеристические полосы, относящиеся к валентным и деформационным колебаниям исходных веществ.

Для гетероциклических тиолов возможно тиамид-тиоиминольно-таутомерное равновесие [19]:



Индивидуальные особенности ПМР спектра дейтерохлороформного раствора 1-МИ свидетельствуют о присутствии тиамида исключительно в тионной форме [19]. Спектр ЯМР ХН (CDCl₃), 5, м.д.: 3.59 (с., 3H, CH₃), 6.67 (д., 1H, J_{4,5} = 2.35 Гц, 5-H), 6.71 (д., 1H, J_{4,5} = 2.35 Гц, 4-H), 11.71 (уш.с., 1H, N-H). Данные ИК-спектроскопии (см⁻¹; 742, 775, 1093 (C=S), 1246, 1276 (-N(H)-C=S), 1465 (-N(CH₃)-C=S), 3118 (N-H)). В пользу нахождения 1МИ в тионной форме так же свидетельствуют работы [20,21]. Авторы этих работ склоняются к тому, что 1-МИ в твёрдом состоянии находится в виде двух таутомерных форм.

При сопоставлении ИК-спектров 2-метилимидазола и 1-метил-2-меркаптоимидазола нами установлено, что ИК-спектр последнего в области 1800-1900см⁻¹ не содержит полос, относящихся к колебаниям ν(C=N) группы. Хотя в спектре 2-метилимидазола эта полоса проявляется при 1843см⁻¹. Кроме того, в ИК-спектре 1МИ в области 2500-2600см⁻¹ отсутствует полоса относящаяся к ν(SH), а проявляется новая полоса при 1086см⁻¹, которую авторы [19] относят к валентному колебанию C=S группы. В отличие от ИК-спектра 2-метилимидазола в спектре 1МИ проявляются так же новые полосы при 420 и 530см⁻¹. Индивидуальные особенности ИК-спектра 1МИ свидетельствуют о нахождении этого соединения в твёрдом состоянии в тионной форме.

В таблице 2 приведены частоты инфракрасного спектра и отнесения полос в спектре 1МИ и синтезированных комплексов.

Таблица 2. Частоты инфракрасного спектра и отнесение полос в спектрах 1-метил-2-меркаптоимидазола и комплексов Ag(I) с ним

Table 2. Frequencies of the infrared spectrum and assignment of bands in the spectra of 1-methyl-2-mercaptoimidazole and complexes of Ag (I) with it

Отнесение, см ⁻¹	1-метил-2-меркаптоимидазол	Соединение	
		[Ag(1МИ) ₂]NO ₃ ·H ₂ O	[Ag(1МИ) ₃ H ₂ O]NO ₃
$\nu(\text{C}=\text{S})$	1086	1099	1096
$\nu(\text{SH})$	-	-	-
$\nu(-\text{N}(\text{H})-\text{C}=\text{S})$	1246, 1276	1283	1277
$\nu(-\text{N}(\text{CH}_3)-\text{C}=\text{S})$	1464	1467, 1425	1462, 1454, 1470
$\nu(\text{NH})$	3107	3113	3116
$\nu(\text{CH})$	3016	3018	3016
$\nu(\text{NO}_3)$	-	1386	1354

Признаками координации 1МИ к серебру через атом серы является следующее: в ИК-спектрах [Ag(1МИ)₂]NO₃·H₂O и [Ag(1МИ)₃H₂O]NO₃ происходит высокочастотное смещение полосы, ответственной за колебания C=S на 10-13 см⁻¹. Кроме того полосы, относящиеся к $\nu(-\text{N}(\text{H})-\text{C}=\text{S})$ в спектрах комплексов, также претерпевают изменение. Полоса 1-МИ при 1246 см⁻¹ в спектрах комплексов вовсе исчезает, а полоса 1276 см⁻¹ претерпевает незначительное высокочастотное смещение. Что касается полосы, ответственной за $\nu(-\text{N}(\text{CH}_3)-\text{C}=\text{S})$, то она в спектрах комплексов расщепляется и проявляется с некоторыми изменениями (табл. 2.).

Полоса, ответственная за колебания $\nu\text{NH}(3107\text{см}^{-1})$ групп в спектрах синтезированных комплексов, претерпевает незначительные изменения (табл. 2.), что свидетельствует о неучастии атома азота NH группы в координации с серебром. Свидетельством присутствия нитратного иона в составе синтезированных комплексов является проявление в ИК-спектрах синтезированных комплексов полосы ответственной за $\nu_3(\text{NO}_3)$.

Данные ИК-спектроскопических исследований, элементного, термического и кондуктометрического анализов дают основание предположить, что серебро(I) при взаимодействии с 1МИ реализует координационные числа 2 и 4. Координационное число 4 реализуется, когда в растворе имеется многократный избыток 1-метил-2-меркаптоимидазола.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скорик Н.А. Соединения кобальта(II) и меди (II) с карбоновыми кислотами, имидазолом и 2-метилимидазолом / Н.А. Скорик, М.М. Филипова, Е.И. Бухольцева [и др.] // журнал неорганической химии. – Москва, 2015. Т. 60, №6. – С. 806-812.
2. Машковский М.Д. Лекарственные средства / М.Д. Машковский. – Москва, 1977. – Т.1. – 455с.
3. Натаров В.В. Волковысский Л.Н, Аминджанов А.А., Божко Т.С., Бондалетова М.В., Бодрых Е.А. трифтор-ди-(1-метил-2-меркаптоимидазол) оксоренийдигидрат, проявляющий тиреостатическое действие: положительное решение о выдаче авторского свидетельства СССР по заявке № 4797226/04 (024668) от 25.06.91.
4. Аминджанов А.А. Аква –тетро-(1-метил-2-тиоксо 1н, 3н-имидазол) - оксорений (V) - бромид дигидрат, проявляющий антитереоидно - анаболическую активность/А.А. Аминджанов, М.Х. Каримова // Положительное решение о выдаче авторского свидетельства СССР по заявке. № 4849141/04-76035.
5. ТранТхан Тун. Синтез и физико-химические исследования комплексных соединений бромид меди (II) с азотсодержащими гетероциклическими основаниями: автореф...дисс. к.х.н: 02.00.01 / ТранТхан Тун. – Москва, 2007. – 17с.
6. Pashchevskaya N.V. Effect of the Condition of Synthesis on the Composition and Structure of Copper(II) Complexes with Benzimidazole N.V. Pashchevskaya, M.A., Nazarenko S.N. Bolotin. // Russ. Journ. Inorg. Chem. – 2010. – V. 55, № 9. – P. 1425.
7. Зырянова И.А. Новыелиганды и металлокомплексы на базе функционально замещенных азолов: автореф. дис ... канд. хим. наук: 02.00.03 / И.А. Зырянова. – Иркутск, 2003. 23 с.
8. Орифов А.А. Комплексные соединения рения (V) с имидазолом и 2-меркаптоимидазолом: автореф. дис. ... канд.хим. наук: 02.00.01 / А.А. Орифов. – Душанбе, 2000. 32с.

9. Содатдинова А.С. Комплексообразование серебра (I) с N,N-этилентиомочевинной / А.С. Содатдинова, К.С.Мабаткадамова, С.М. Сафармамадов, [и др.] // Известия академии наук. – Душанбе, 2012. №4. – С.41-50.
10. Содатдинова А.С. Комплексообразование серебра (I) с N,N-этилентиомочевинной при 288-328K / А.С. Содатдинова, К.С.Мабаткадамова, С.М. Сафармамадов, [и др.] // Доклада академии наук. – Душанбе, 2013. Т. 56, №7. – С. 541-547.
11. Содатдинова А.С. Комплексные соединения серебра (I) с N,N-этилентиомочевинной / С.М. Сафармамадов, А.С. Содатдинова, // Вестник Таджикского национального университета, серия естественных наук. – Душанбе, 2015. – № 1. – С.123-128.
12. Аминджанов А. А. Комплексообразование серебра (I) с 1-формил-и 1-ацетил-3-тиосемикарбазидом при 273-328K / А.А. Аминджанов, К.С. Мабаткадамова, С.М. Сафармамадов, А.С. Содатдинова // Извест. высш. учеб. завед. Химия и химич. техн. Иваново, 2014. –Т.57, №7. – С. 62-65.
13. Малабаева А.М. Исследование комплексообразования имидазола с сульфатом меди в водной среде при 25°С / А.М.Малабаева, Н. Шыйтыева, Ж.И.Бердалиева, Э.А.Аламанова // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. –2019.№2, –С. 53-59.
14. Малабаева А.М. Исследование взаимодействия имидазола с хлоридом марганца в водных растворах при 25°С / А.М.Малабаева, Н. Шыйтыева, Ж.И.Бердалиева, Э.А.Аламанова // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. –2017г. № 8. –С. 8-14.
15. Гагиева С.Ч. Метимеркаптобензимидазольные координационные соединения рения (V) / С.Ч.Гагиева, А.Т.Цалоев, Н.А.Гутнова, М.А.Таутиева, Ю.Б.Галимов // Журнал неорганической химии. 2008, том 53, №3, 969-972С.
16. Агагусейнова Минира Магомед Али кызы. / Комплексные соединения рения с бензимидазолом: синтез и свойства / Агагусейнова Минира Магомед Али кызы., Адыгезалова Мехпара Бабавердикызы., Гудратова Фидан Дахилкызы. Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) 3 (24), 2016 г. // Химические науки, 98-101с.
17. Симон И.Б., Ковтуновская И.И. // Журнал общей химии. – 1955. – Т.25, №6. – С.1226-1228.
18. Липсон Г. Интерпретация порошковых рентгенграмм / Г.Липсон, М.Стиул: Мир, 1972. 384с.
19. Raczynska E.D., Kosinka W., Osmialowski B., Gawineski R. Tautomericequilibria in relation to pi-electron delocalization // Chem.–Rev.2005.–P.3561.
20. Аминджанов А.А. Комплексообразование меди (II) с 1-метил-2-меркаптоимидазол в среде 7 моль/л HCl / А.А. Аминджанов, К.А. Манонов, Н.Г. Кабиров // Журнал неорганической химии. –2016. –Т.61, №1. 86-91с.
21. Манонов К.А. Комплексные соединения меди (II) с 1-метил-2-меркаптоимидазолом. автореф. ... дисс. к.х.н: 02.00.01 / К.А. Манонов. – Душанбе, 2020. – 20с.

REFERENCES LITERATURE

1. Skorik N.A. Compounds of cobalt (II) and copper (II) with carboxylic acids, imidazole and 2-methylimidazole / N.A. Skorik, M.M. Filipova, E.I. Bukholtseva [et al.] // Zh. inorgan. chemistry. - Moscow, 2015. T. 60, No. 6. - P. 806-812.
2. Mashkovsky M.D. Medicines / M.D. Mashkovsky. –Moscow, 1977. - Vol. 1. – 455p.
3. Natarov V.V. Volkovysky L.N., Amindzhanov A.A., Bozhko T.S., Bondaletova M.V., Bodrykh E.A. trifluorodi- (1-methyl-2-mercaptoimidazole) oxoreniumdihydrate exhibiting thyreostatic action: a positive decision to issue the USSR inventor's certificate under application No. 4797226/04 (024668) dated 25.06.91.
4. Amindzhanov A.A. Aqua-tetro- (1-methyl-2-thioxo 1n, 3n-imidazole) - oxorenium (V) - bromide dihydrate, exhibiting anti-tereoid - anabolic activity / A.A. Amindzhanov, M.Kh. Karimova // A positive decision to issue the USSR inventor's certificate upon application. No. 4849141 / 04-76035.
5. Tran Than Tun. Synthesis and physicochemical studies of complex compounds of copper (II) bromide with nitrogen-containing heterocyclic bases: abstract ... dissertation. Ph.D.: 02.00.01 / Tran Than Tun. - Moscow, 2007. – 17 p.
6. Pashchevskaya N.V. Effect of the Condition of Synthesis on the Composition and Structure of Copper (II) Complexes with Benzimidazole N.V. Pashchevskaya, M.A., Nazarenko S.N. Bolotin. // Russ. journ. inorg. chem. - 2010. - V. 55, No. 9. - P. 1425.
7. Zyryanova I.A. New ligands and metal complexes based on functionally substituted azoles: author. dis ... cand. chem. Sciences: 02.00.03 / I.A. Zyryanova. - Irkutsk, 2003. – 23 p.
8. Orifov A.A. Complex compounds of rhenium (V) with imidazole and 2-mercaptoimidazole: author. dis. ... Candidate of Chem. Sciences: 02.00.01 / A.A. Orifov. - Dushanbe, 2000. – 32 p.
9. Sodatdinova A.S. Complexation of silver (I) with N, N-ethylene thiourea / A.S. Sodatdinova, K.S. Mabatkadamova, S.M. Safarmamadov, [and others] // Izvestiya. Academy of Sciences. - Dushanbe, 2012. No. 4. - P.41-50.
10. Sodatdinova A.S. Complexation of silver (I) with N, N-ethylene thiourea at 288-328K / A.S. Sodatdinova, K.S. Mabatkadamova, S.M. Safarmamadov, [et al.] // Doc. Academy of Sciences. - Dushanbe, 2013. T. 56, No. 7. - P. 541-547.

11. Sodatdinova A.S. Complex compounds of silver (I) with N, N-ethylene thiourea / S.M. Safarmamadov, A.S. Sodatdinova, // Bulletin of the Tajik National University, series of natural sciences. - Dushanbe, 2015. - No. 1. – P.123-128.
12. Amindzhanov AA Complexation of silver (I) with 1-formyl- and 1-acetyl-3-thiosemicarbazide at 273-328K / A.A. Amindzhanov, K.S. Mabatkadamova, S.M. Safarmamadov, A.S. Sodatdinova // Izvestiya. higher. study. head Chemistry and chemistry. tech. Ivanovo, 2014. –T.57, №7. - P. 62-65.
13. Malabaeva A.M. Investigation of the complexation of imidazole with copper sulfate in an aqueous medium at 25 ° C / A.M. Malabaeva, N. Shyityeva, Zh.I. Berdalieva, E.A. Alamanova // Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan. –2019. No. 2. – P. 53-59.
14. Malabaeva A.M. Study of the interaction of imidazole with manganese chloride in aqueous solutions at 25 ° s / A.M. Malabaeva, N. Shyityeva, Zh.I. Berdalieva, E.A. Alamanova // Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan. - 2017 No. 8. – P. 8-14.
15. Gagieva S.Ch. Methylmercaptobenzimidase coordination compounds of rhenium (V) / S.Ch.Gagieva, A.T. Tsaloev, N.A. Gutnova, M.A.Tautieva, Yu.B. Galimov // Journal of Inorg. Chemistry. 2008, volume 53, No. 3. – P. 969-972.
16. Agaguseynov Minira MagomedAlikyzy. / Complex compounds of rhenium with benzimidazole: synthesis and properties / Agaguseynova Minira Magomed Alikyzy? Adygezalova Mehpara Babaverdikiyzy, Gudratova Fidan Dakhilkyzy. Eurasian Union of Scientists (ESU) 3 (24), 2016 // Chemical sciences, 98-101s.
17. Simon I.B., Kovtunovskaya I.I. // Journal. general chemistry. - 1955. - Vol. 25, No. 6. - S. 1226-1228.
18. Lipson G. Interpretation of powder X-ray diffraction patterns / G. Lipson, M. Styul: Mir, 1972. 384p.
19. Raczynska E. D., Kosinka W., Osmialowski B., Gawineski R. Tautomericequilibria in relation to pi-electron delocalization // Chem. - Rev.2005. - P.3561.
20. Amindzhanov A.A. Complexation of copper (II) with 1-methyl-2-mercaptoimidazole in 7 mol / L HCl / A.A. Aminjanov, K.A. Manonov, N.G. Kabirov // Journal of Nonorganic Chemistry. - 2016. - T.61, No. 1. – P. 86-91.
21. Manonov K.A. Complex compound of copper (II) with 1-methyl-2-mercaptoimidazole. author ... diss. Candidate of Chemical Sciences: 02.00.01 / K.A. Manonov. - Dushanbe, 2020. – 20 p.

ПАЙВАСТҲОИ КОМПЛЕКСИИ НУҚРА БО 1-МЕТИЛ-2-МЕРКАПТОИМИДАЗОЛ

Методикаи ҳосилкунии пайвастиҳои комплекси нукра бо 1-метил-2-меркаптоимидазол дар маҳлули обӣ коркард карда шуд. Нишон дода шуд, ки таркиби пайвастиҳои комплекси ҳосилшуда аз таносуби моддаҳои баҳамтаъсиркунанда вобастагӣ дорад. Ҳангоми таъсири нукра ба 1МИ дар таносуби 1:1аз маҳлул тақсони зарди сафедтоб ҷудо мешавад, ки дар таркиби он мувофиқи таҳлили элементӣ ба 1мол нукра 1 мол 1МИ рост меояд. Дар натиҷаи зиёд кардани консентратсияи 1МИ дар маҳлул (таносуби моддаҳои баҳамтаъсиркунанда 1:3) тақсони пахтамонанд ҳосил мешавад, ки дар таркибаш ба 1 мол нукра, ду мол 1МИ рост меояд. Ҳангоми дар маҳлул хеле баланд будани консентратсияи 1МИ, (таносуби нукра ба 1МИ =1:5) сараввал ҳосилшавии тақсони пахтамонанд мушоҳида шуда, баъдан ҳалшавии он ба вучуд меояд. Баъд аз се шабонарӯз аз маҳлул кристаллҳо ҷудо мешаванд. Аз рӯи натиҷаҳои таҳлили элементӣ муайян шуд, ки дар ин пайвастигӣ ба 1 мол нукра се мол 1МИ рост меояд. Дар асоси тадқиқоти гузаронидашуда (таҳлили элементӣ, кондуктометрӣ, термогравиметрӣ, спектри инфрасурх) формулаи пайвастиҳои комплекси ҳосилшуда пешниҳод гардид: $[Ag(1MI)NO_3]H_2O$; $[Ag(1MI)_2]NO_3 \cdot H_2O$; $[Ag(1MI)_3H_2O]NO_3$. Тадқиқоти гузаронидашуда нишон дод, ки ҷараёнгузаронии пайвасти комплекси $[Ag(1MI)_3H_2O]NO_3$ дар фисилаи ҳарорати 20-45°C аз 126,6-188,6 Ом⁻¹·см²·мол⁻¹ зиёд мешавад, чунин тағйирёбии ҳоси электролитҳои навъи 1:1 мебошад. Нишон дода шуд, ки таъзияи термикӣ пайвастиҳои комплекси нукра бо 1-метил-2-меркаптоимидазол дар ҷанд зина мегузарад, ки аз раванди гидрататсия, таъзияи термикӣ молекулаи 1-метил-2-меркаптоимидазол дар таркиби пайвасти комплекси ва таъзияи нитрат бо ҳосилшавии нукраи металлӣ иборат аст. Муқаррар карда шудааст, ки 1МИ бо нукра тавассути атоми сулфур координатсия мешавад. Чунин ҳулоса аз дигаргуншавии ҳудуди ҳосилшавии рахҳои $\nu(C=S)$, $\nu(-N(H)-C=S)$ ва $\nu(-N(CH_3)-C=S)$ дар спектри инфрасурхи пайвастиҳои комплекси дар муқоиса бо 1МИ ифода меёбад.

Калидвожаҳо: нукра, 1-метил-2-меркаптоимидазол, спектри инфрасурх, ҷараёнгузаронӣ.

КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СЕРЕБРА С 1-МЕТИЛ-2-МЕРКАПТОИМИДАЗОЛОМ

Разработаны оптимальные методики синтеза новых комплексных соединений серебра с 1-метил-2-меркаптоимидазолом (1МИ) в водных растворах. Показано, что состав образующихся комплексов во многом зависит от соотношения реагирующих компонентов. При соотношении серебро–1МИ=1:1 из раствора выделяется светло-жёлтый осадок, для которого по данным элементного анализа на один моль серебра приходится один моль 1МИ. При увеличении концентрации 1МИ (соотношение реагирующих компонентов 1:3) происходит образование хлопьевидного осадка, для которого на 1 моль серебра приходится два моля 1МИ. При большом избытке лиганда в растворе, когда соотношение серебра к 1МИ становится равным 1:5, в начале происходит образование хлопьевидного осадка, а затем полное его растворение. На третьи сутки из раствора выделяются кристаллы. По данным элементного анализа в образующемся комплексе на 1 моль серебра приходится три моля 1МИ. По результатам проведённых исследований (элементный анализ, кондуктометрия, термогравиметрия, ИК-спектроскопия) определены составы формулы образующихся

комплексов: $[\text{Ag}(\text{1MI})\text{NO}_3]\text{H}_2\text{O}$; $[\text{Ag}(\text{1MI})_2]\text{NO}_3\text{H}_2\text{O}$; $[\text{Ag}(\text{1MI})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$. Проведённые исследования показали, что электрическая проводимость $[\text{Ag}(\text{1MI})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$ в интервале температур 20-45⁰С изменяется в пределах 126,6-188,6 Ом⁻¹·см²·моль⁻¹, что соответствует электролитам типа 1:1. Показано, что термический распад 1-метил-2-меркаптоимидазольных комплексов серебра на воздухе протекает в несколько стадий и охватывает процесс дегидратации, термического распада молекул 1-метил-2-меркаптоимидазола в составе комплексов, разложения нитрата и образования металлического серебра. Установлено, что координация 1МИ к серебру проходит через атом серы, о чём свидетельствуют высокочастотное и низкочастотное смещение полос, ответственных за колебания $\nu(\text{C}=\text{S})$, $\nu(-\text{N}(\text{H})-\text{C}=\text{S})$ и $\nu(-\text{N}(\text{CH}_3)-\text{C}=\text{S})$ групп в спектрах комплексов по сравнению с 1-МИ.

Ключевые слова: серебро, 1-метил-2-меркаптоимидазол, ИК-спектр, электропроводность.

COMPLEX COMPOUND OF SILVER WITH 1-METHYL-2-MERCAPTOIMIDAZOLE

Optimal methods for the synthesis of new complex compounds with 1-methyl-2-mercaptoimidazole (1MI) in aqueous solutions are proposed. It is shown that the composition of the resulting complexes largely depends on the ratio of the reacting components. When using silver - 1MI = 1: 1, a light-yellow precipitate is precipitated from the solution, for which, according to elemental analysis, there is one mole of 1MI for one mole of silver. As the concentration of 1MI increases (the ratio of the reacting components is 1: 3), a cotton-like precipitate is formed, for which there are two moles of 1MI per 1 mole of silver. With a large excess of 1MI in solution, when the ratio of silver to 1MI becomes equal to 1: 5, a cotton-like precipitate is formed first, and then its complete dissolution. On the third day, crystals stand out from the solution. According to elemental analysis data, there are three moles of 1MI in the resulting complex per mole of silver. Based on the results of the studies (elemental analysis, conductometry, thermogravimetry, IR spectroscopy), the formulas of the resulting complexes were calculated: $[\text{Ag}(\text{1MI})\text{NO}_3]\text{H}_2\text{O}$; $[\text{Ag}(\text{1MI})_2]\text{NO}_3\text{H}_2\text{O}$; $[\text{Ag}(\text{1MI})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$. Studies have shown that the electrical conductivity $[\text{Ag}(\text{1MI})_3\text{H}_2\text{O}]\text{NO}_3$ in the temperature range 20-450C varies within 126.6-188.6 Ом⁻¹·см²·моль⁻¹, which corresponds to 1:1 type electrolytes. It was shown that the thermal decomposition of 1-methyl-2-mercaptoimidazole complexes of silver in air proceeds in several stages and covers the process of dehydration, thermal decomposition of 1-methyl-2-mercaptoimidazole molecules in the complexes, decomposition of nitrate and the formation of metallic silver. It was found that the coordination of 1MI to silver passes through the sulfur atom, as evidenced by the high-frequency and low-frequency shift of the bands responsible for the vibrations $\nu(\text{C} = \text{S})$, $\nu(-\text{N}(\text{H})-\text{C} = \text{S})$ and $\nu(-\text{N}(\text{CH}_3)-\text{C} = \text{S})$ groups in the spectra of the complexes in comparison with 1-MI.

Keywords: silver, 1-methyl-2-mercaptoimidazole, IR spectrum, electrical conductivity.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Содатдинова Анджуман Садриддиновна* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, докторант кафедраи химияи таҳлили. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** anjuman87@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938-13-66-56.

Сафармамадзода Сафармамад Муборакшоевич – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, муовини ректор оид ба илм, д.и.х., профессор. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** sash65@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938-27-04-04.

Абдурахмонов Бурихон Файзевич – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ассистенти кафедраи химияи ғайриорганикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** burikhon@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938-75 99 20

Сведения об авторах: *Содатдинова Анджуман Садриддиновна* – Таджикский национальный университет, докторант кафедры аналитической химии. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** anjuman87@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938-13-66-56.

Сафармамадзода Сафармамад Муборакшоевич – Таджикский национальный университет, проректор по науке, доктор философских наук, профессор. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** sash65@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938-27-04-04.

Абдурахмонов Бурихон Файзевич – Таджикский национальный университет, ассистент кафедры неорганической химии. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** burikhon@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938 75 99 20

Information about the authors: *Sodatdinova Andjuman Sadriddinovna* – Tajik National University, doctoral student of the Department of Analytical Chemistry. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** anjuman87@mail.ru. **Tel.:** (+992) 938-13-66-56

Safarmamadzoda Safarmamad Muborakshoevich – Tajik National University, Vice-Rector for Science, Ph.D., Professor. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** sash65@mail.ru. **Tel.:** (+992) 938-27-04-04.

Abdurahmonov Burikhon Fayzovich – Tajik National University, Assistant of the Department of Inorganic Chemistry. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** burikhon@mail.ru. **Tel.:** (+992) 938-75 99 20

ОКИСЛЕНИЕ ЦИНКОВОГО СПЛАВА $Zn_{0.5}Al$, ЛЕГИРОВАННОГО СТРОНЦИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

Назаров О.Н., Обидов З.Р., Ганиев И.Н., Баходуров Ю.Ф.

**Таджикский национальный университет,
Институт химии им. В.И. Никитина
Национальная академия наук Таджикистана**

Вопросы взаимодействия металлических сплавов с газообразными и различными агрессивными средами при высоких температурах являются ключевыми в современном материаловедении [1].

Сплавы на основе цинка и алюминия широко используются в различных областях техники [2–7]. В последнее время данные сплавы стали применять в качестве защитных покрытий стальных конструкций, изделий и сооружений. Наиболее известные из них, это сплавы $Zn_{5}Al$ и $Zn_{55}Al$ известные под торговыми марками Гальфан-I, II и Гальвалюм. Покрытия наносятся для анодной защиты стали, определяющим является компромисс между низкой поляризацией покрытия в области повреждения (что и определяет защиту стали) и его коррозионной стойкостью вдали от этой зоны [8–11]. Также известно, что введение небольшого количества молибдена в состав цинкового покрытия в процессе электролиза даёт возможность получать покрытия Zn - Mo сплавами, которые отличаются более высокой защитной способностью, чем цинковые покрытия [12]. Показана эффективность их использования в атмосферных условиях повышенной жесткости (морские среды, приморские зоны, тропики и другие факторы внешней среды) [13].

В литературе встречаются различные модификации Zn - Al сплавов, легированных третьим компонентом. В частности, в работах [14–20] показано положительное влияние ряда металлов периодической системы на коррозионную устойчивость цинк-алюминиевых сплавов.

Целью настоящей работы является изучение кинетики окисления цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного стронцием различной концентрации, предназначенного как анодных защитных покрытий и протекторов для повышения коррозионной стойкости углеродистых стальных конструкций и изделий.

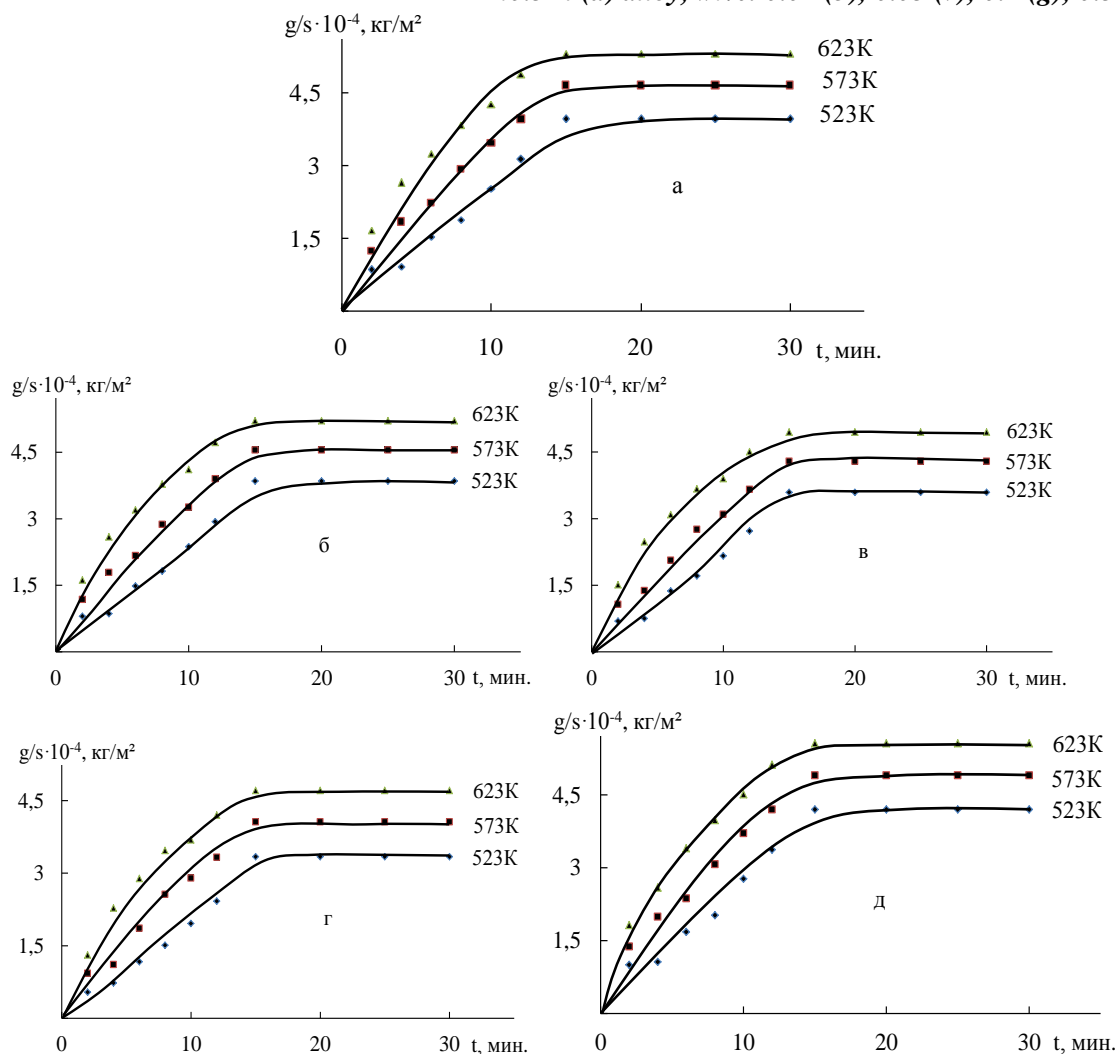
Исследование влияния температуры и химического состава на кинетику высокотемпературного окисления цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного стронцием, в твёрдом состоянии, проводили методом термогравиметрии с непрерывным взвешиванием образцов на воздухе по методике, описанной в работах [1, 3, 4, 21–23].

Образцы сплава для исследования были получены из цинка марки ХЧ(гранулированный), алюминия марки А7 и его лигатуры со стронцием (10% Sr) в тиглях из оксида алюминия в шахтной печи электрического сопротивления типа СШОЛ в интервале температур 700...850°C. Химический состав исследованных сплавов контролировался микрорентгеноспектральным анализом на приборе SEM серии AIS 2100.

Термогравиметрическое исследование кинетики окисления сплавов $Zn_{0.5}Al$ -Sr проводились при температурах 523, 573 и 623К. Взаимодействие сплава $Zn_{0.5}Al$ со стронцием различной концентрации с кислородом газовой фазой при исследованных температурах значительно отличается от окисления исходного сплава $Zn_{0.5}Al$. Линейная зависимость сохраняется в течение 12-15 мин. По мере образования оксидной плёнки на поверхности сплавов характер окислительного процесса переходит в гиперболический. Формирование защитной оксидной поверхности заканчивается к 30 мин от начала процесса и сохраняется вплоть до 1 часа (в данном случае на рис. 1 и 2 показано до 30 мин). Легирование сплава $Zn_{0.5}Al$ стронцием (в диапазоне 0.01-0.1 мас.%) способствует некоторому уменьшению истинной скорости окисления (рис. 1, 2).

Рис. 1. Кинетические кривые процесса окисления сплава Zn0.5Al (а), легированного стронцием, мас. %: 0.01 (б); 0.05 (в); 0.1 (г); 0.5 (д)

Fig. 1. Kinetic curves of oxidation process of the strontium alloyed Zn0.5Al (a) alloy, wt%: 0.01 (b); 0.05 (v); 0.1 (g); 0.5 (d)



Существенное влияние на окисляемость сплавов оказывает их химический состав. Среди сплавов минимальной скоростью окисления обладает сплав Zn0.5Al с 0.1 мас.% Sr, что соответствует энергии активации 182.5 кДж/моль, в то время как значение последнего для сплава Zn0.5Al равно 168.4 кДж/моль (табл. 1).

Табл. 1. Кинетические и энергетические параметры процесса окисления цинкового сплава Zn0.5Al, легированного стронцием, в твердом состоянии

Table 1. Kinetic and power parameters of oxidation process of zinc Zn0.5Al alloy doped with strontium, in a firm condition

Содержание Sr в сплаве, мас. %	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления (К, 10 ⁻⁴) кг·м ⁻² ·сек ⁻¹	Эффективная энергия активации, кДж/моль
-	523	3.68	168.4
	573	3.91	
	623	4.11	
0.01	523	3.20	173.8
	573	3.34	
	623	3.64	
	523	2.98	

0.05	573	3.09	177.2
	623	3.35	
0.1	523	2.62	182.5
	623	3.08	
0.5	523	3.91	159.1
	623	4.52	
1.0	523	4.20	147.7
	623	5.00	

Высокотемпературное окисление исследованных сплавов кислородом газовой фазы подчиняется гиперболическому закону, что видно из кривых зависимостей $(g/s)^2-t$ (рис. 2), которые не укладываются на прямые линии, а также из аналитических зависимостей $y=Kt^n$, где $n=2\div 4$ (табл. 2).

Рис. 2. Квадратичные кривые процесса высокотемпературного окисления сплава Zn0.5Al, содержащего 1.0 мас.% стронций
Fig. 2. Square-law curves of process of high-temperature oxidation of Zn0.5Al alloy containing 1.0 wt.% strontium

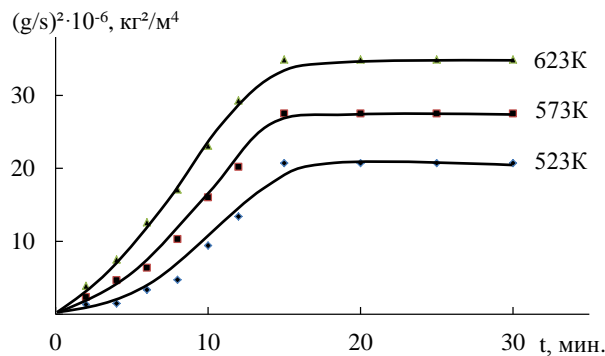


Табл. 2. Результаты математической обработки кривых процесса окисления цинкового сплава Zn0.5Al, легированного стронцием, в твёрдом состоянии

Table 2. Results of mathematical processing of curves of oxidation process zinc of Zn0.5Al alloy doped with strontium, in a firm condition

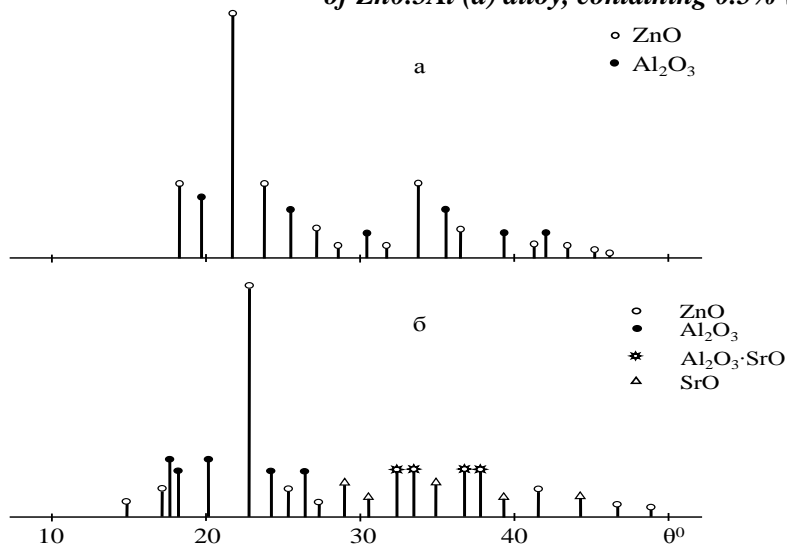
Добавки стронция в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Полиномы кривых окисления сплавов	Степень достоверности R^2 , %
-	523	$y = -0.000x^4 - 0.000x^3 + 0.010x^2 - 0.176x$	0.987
	573	$y = -0.000x^4 - 0.001x^3 + 0.020x^2 - 0.471x$	0.985
	623	$y = -0.000x^4 - 0.001x^3 + 0.044x^2 - 0.786x$	0.981
1.0	523	$y = -0.001x^4 - 0.019x^3 + 0.340x^2 - 0.311x$	0.992
	573	$y = -0.001x^4 - 0.021x^3 + 0.351x^2 - 0.744x$	0.991
	623	$y = -0.001x^4 - 0.022x^3 + 0.361x^2 - 0.947x$	0.988

Легирование сплава 0.5 и 1.0 мас.% стронцием нецелесообразно, так как приводит к повышению скорости окисления и соответственно, уменьшению энергии активации окисления сплавов. Эффективная энергия активации процесса окисления данных сплавов изменяется от 168.4 до 171.5 и 174.9 кДж/моль (табл. 1).

Исследуя продукты окисления сплавов, в частности оксидную плёнку, которая формируется при нагреве на поверхности образцов, можно получить важную информацию об их механизме окисления. Продукты окисления, образующиеся при окислении сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного стронцием, исследованы методом рентгенофазового анализа [24]. Видно, что продукты окисления цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ (рис. 3а) и легированного 0.5 мас.% стронцием сплава (рис. 3б) состоят из оксидов ZnO , Al_2O_3 , $Al_2O_3 \cdot ZnO$, SrO , $Al_2O_3 \cdot SrO$ (рис. 3).

Рис. 3. Штрихдифрактограммы продуктов окисления сплава $Zn_{0.5}Al$ (а), содержащего 0.5 мас.% стронция (б)

Fig. 3. Stroke diffractions oxidation products of $Zn_{0.5}Al$ (a) alloy, containing 0.5% wt. strontium (b)



В целом, по данным экспериментальных исследований кинетики окисления цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного стронцием, в твёрдом состоянии кислородом газовой фазы, установлено, что сплавы с 0.5 и 1.0 мас.% стронцием по сравнению с низколегированными сплавами (0.01÷0.1 мас.%), обладают наибольшим значением истинной скорости окисления и наименьшей величиной эффективной энергии активации. Выявлено, что легирующий компонент значительно уменьшает окисляемость цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ в пределах 0.01÷0.1 мас.% стронция. Определено, что продукты окисления исследованных сплавов состоят из смеси оксидов ZnO , Al_2O_3 , SrO , $Al_2O_3 \cdot ZnO$, $Al_2O_3 \cdot SrO$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сиродждинов Э.Н. Высокотемпературное окисление сплава $Zn_{55}Al$, легированного таллием, в твёрдом состоянии // Э.Н.Сиродждинов, И.Н.Ганиев, З.Р. Обидов// Доклады АН Республики Таджикистан. – 2019. – Т. 62. – № 1-2. – С. 59-64.
2. Кечин В.А. Цинковые сплавы// В.А.Кечин, Е.Я. Люблинский. – М.: Металлургия, 1986. – 247 с.
3. Одинаева Н.Б. Высокотемпературное окисление сплава $Zn+0.5\% Al$, легированного таллием, в твердом состоянии // Н.Б.Одинаева, И.Н.Ганиев, З.Р.Обидов, Ф.Р. Сафарова// Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – Таджикский технический университет им. М.С. Осими. – 2018. – № 1 (41). – С. 113-119.
4. Одинаева Н.Б. Высокотемпературное окисление сплава $Zn+0.5\% Al$, легированного индием, в твёрдом состоянии // Н.Б.Одинаева, И.Н.Ганиев, З.Р.Обидов, Ф.Р.Сафарова, И.Латипов// Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2017.– № 4(169). – С. 90-98.
5. Obidov Z.R. Corrosion-Electrochemical and Physicochemical Properties of $Al+2.18\% Fe$ Alloy Alloyed with Indium // Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, B.B.Eshov, I.T. Amonov //Russian Journal of Applied Chemistry. – 2010. – Vol. 83. – N 2. – P. 263-266. DOI: 10/1134/S107042721002014X
6. Obidov Z.R. Corrosion of $Al+2.18\% Fe$ Alloy Doped with Gallium // Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, I.T.Amonov, Ganieva N.I.// Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2011. – Vol. 47. – N 5. – P. 654-657. DOI: 10/1134/S2070205111050133
7. Obidov Z.R. Anodic Behavior and Oxidation of the Thallium Alloyed $Al+2.18\% Fe$ Alloy // Z.R.Obidov, I.N. Ganiev. Russian Journal of Applied Chemistry. 2012. – Vol. 85. – N 11. – P. 1691-1694. DOI: 10.1134/S1070427212110230

8. Виткин А.И. Металлические покрытия листовой и полосовой стали// А.И. Виткин, И.И. Тейндл. – М.: Металлургия, 1971. – 493 с.
9. Amini R.N. Galfan I and Galfan II Doped with Calcium, Corrosion Resistant Alloys // R.N.Amini, M.Irani, I.Ganiev, Z. Obidov// Oriental Journal of Chemistry. – 2014.– Vol.30. – N 3. – P. 969-973. DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/300307>
10. Шлугер А.М. Коррозия и защита металлов// А.М.Шлугер, Ф.Ф.Ажогин, Е.А. Ефимов. – М.: Металлургия, 1981. – 216 с.
11. Герасименко А.А. Об особенностях получения и преимуществах использования электрохимических покрытий сплавами цинка с оловом и молибденом // А.А.Герасименко. Технологии в электронной промышленности. – 2010. – № 7. – С. 33.
12. Атрашкова В.В. Осаждение цинк-молибденовых покрытий // В.В.Атрашкова, В.К.Атрашков, А.А. Герасименко. Защита металлов. – 1995. – Т. 31. – № 3. – С. 67-71.
13. Obidov Z.R. Thermo physical Properties and Thermodynamic Functions of the Beryllium, Magnesium and Praseodymium Alloyed Zn-55Al Alloy // Z.R. Obidov. High Temperature. – 2017. – Vol. 55. – N 1. – P. 150-153. DOI: 10.1134/S0018151X17010163
14. Amini R.N. Potentio dynamical Research of Zn-Al-Mg Alloy System in the Neutral Ambience of Na Cl Electrolyte and Influence of Mg on the Structure // R.N.Amini, Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, R.B. Mohamad. Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology. – 2012. – N 2. – P. 110-114. DOI: 10.4236/jseamat.2012.22017
15. Obidov Z.R. Effect of pH on the Anodic Behavior of Beryllium and Magnesium Doped Alloy Zn55Al // Z.R. Obidov. Russian Journal of Applied Chemistry. – 2015. – Vol. 88. – N 9. – P. 1451-1457. DOI: 10.1134/S1070427215090116
16. Amini R.N. Anodic Behavior of Zn-Al-Be Alloys in the NaCl Solution and the Influence of Be on Structure // R.N.Amini, Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, R.Mohamad. Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology. – 2012. – N 2. – P. 127-131. DOI: 10.4236/jseamat.2012.22020
17. Обидов З.Р. Влияние pH среды на анодное поведение сплава Zn5Al, легированного бериллием и магнием // З.Р. Обидов. Известия СПбГТИ (ТУ). – 2015. – № 32 (58). – С. 52-55.
18. Obidov Z.R. Influence of the pH of the Medium on the Anodic Behavior of Scandium – Doped Zn55Al Alloy // Z.R.Obidov, A.V.Amonova, I.N. Ganiev. Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2013. – Vol. 54. – N 3. – P. 234-238. DOI: 10.3103/S1067821213030115
19. Obidov Z.R. Anodic Behavior of Zn5Al and Zn55Al Alloys Alloyed with Calcium in NaCl Solutions // Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, D.N.Aliev, N.I.Ganieva. Russian Journal of Applied Chemistry. – 2010. – Vol. 83. – N 6. – P. 1015-1018. DOI: 10.1134/S1070427210060169
20. Obidov Z.R. Anodic Behavior and Oxidation of Strontium-Doped Zn5Al and Zn55Al Alloys // Z.R. Obidov. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2012. – Vol. 48. – N 3. – P. 352-355. DOI: 10.1134/S2070205112030136
21. Obidov Z.R. Effect of Scandium Doping on the Oxidation Resistance of Zn5Al and Zn55Al Alloys // Z.R.Obidov, A.V.Amonova, I.N. Ganiev. Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2013. – Vol. 87. – N 4. – P. 702-703. DOI: 10.1134/S0036024413040201
22. Обидов З.Р. Анодное поведение и окисление сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных барием // З.Р. Обидов. Известия СПбГТИ (ТУ). – 2015. – № 31 (57). – С. 51–54.
23. Обидов З.Р. Физикохимия цинк-алюминиевых сплавов с редкоземельными металлами// З.Р.Обидов, И.Н. Ганиев. -Душанбе: ООО «Андалеб-Р», 2015. – 334 с.
24. Васильев Е.К. Качественный рентгеноструктурный анализ// Е.К.Васильев, М.С. Назмансов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 200 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Sirojiddinov E.N. High-temperature oxidation of the Zn55Al alloy doped with thallium in the solid state // E.N. Sirodzhidinov, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. - 2019. - T. 62. - No. 1-2. - P. 59-64.
2. Kechin V.A. Zinc alloys // V.A. Kechin, E.Ya. Lublinsky. - M.: Metallurgy, 1986. - 247 p.
3. Odinaeva N.B. High-temperature oxidation of the Zn + 0.5% Al alloy doped with thallium in the solid state // N.B. Odinaeva, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov, F.R. Safarova // Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research. - Tajik Technical University named after M.S. Osimi. - 2018. - No. 1 (41). - P. 113-119.
4. Odinaeva N.B. High-temperature oxidation of the Zn + 0.5% Al alloy doped with indium, in the solid state // N.B. Odinaeva, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov, F.R. Safarova, I. Latipov // Izvestiya AN of the Republic of Tajikistan ... Dept. phys.-mat., chem., geol. and tech. sciences. - 2017.– No. 4 (169). - P. 90-98.
5. Obidov Z.R. Corrosion-Electrochemical and Physicochemical Properties of Al+2.18% Fe Alloy Alloyed with Indium // Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, B.B.Eshov, I.T. Amonov //Russian Journal of Applied Chemistry. – 2010. – Vol. 83. – N 2. – P. 263-266. DOI: 10/1134/S107042721002014X

6. Obidov Z.R. Corrosion of Al+2.18% Fe Alloy Doped with Gallium // Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, I.T.Amonov, Ganieva N.I.// Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2011. – Vol. 47. – N 5. – P. 654-657. DOI: 10.1134/S2070205111050133
7. Obidov Z.R. Anodic Behavior and Oxidation of the Thallium Alloyed Al+2.18% Fe Alloy // Z.R.Obidov, I.N. Ganiev. Russian Journal of Applied Chemistry. 2012. – Vol. 85. – N 11. – P. 1691-1694. DOI: 10.1134/S1070427212110230
1. 8.Vitkin A.I. Metal coatings of sheet and strip steel // A.I. Vitkin, I.I. Teindl. - M.: Metallurgy, 1971. - 493 p.
8. Amini R.N.Galfan I and Galfan II Doped with Calcium, Corrosion Resistant Alloys // R.N.Amini, M.Irani, I.Ganiev, Z. Obidov// Oriental Journal of Chemistry. – 2014.– Vol.30. – N 3. – P. 969-973. DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/300307>
9. Shluger A.M. Corrosion and protection of metals // A.M. Shluger, F.F. Azhugin, E.A. Efimov. - M.: Metallurgy, 1981. - 216 p.
10. Gerasimenko A.A. On the peculiarities of obtaining and the advantages of using electrochemical coatings with zinc alloys with tin and molybdenum // A.A. Gerasimenko. Technologies in the electronics industry. - 2010. - No. 7. - P. 33.
11. Atrashkova V.V. Deposition of zinc-molybdenum coatings // V.V. Atrashkova, V.K. Atrashkov, A.A. Gerasimenko. Protection of metals. - 1995. - T. 31. - No. 3. - P. 67-71.
12. Obidov Z.R. Thermo physical Properties and Thermodynamic Functions of the Beryllium, Magnesium and Praseodymium Alloyed Zn-55Al Alloy // Z.R. Obidov. High Temperature. – 2017. – Vol. 55. – N 1. – P. 150-153. DOI: 10.1134/S0018151X17010163
13. Amini R.N. Potentio dynamical Research of Zn-Al-Mg Alloy System in the Neutral Ambience of Na Cl Electrolyte and Influence of Mg on the Structure // R.N.Amini, Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, R.B. Mohamad. Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology. – 2012. – N 2. – P. 110-114. DOI: 10.4236/jsemat.2012.22017
14. Obidov Z.R. Effect of pH on the Anodic Behavior of Beryllium and Magnesium Doped Alloy Zn55Al // Z.R. Obidov. Russian Journal of Applied Chemistry. – 2015. – Vol. 88. – N 9. – P. 1451-1457. DOI: 10.1134/S1070427215090116
15. Amini R.N. Anodic Behavior of Zn-Al-Be Alloys in the NaCl Solution and the Influence of Be on Structure // R.N.Amini, Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, R.Mohamad. Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology. – 2012. – N 2. – P. 127-131. DOI: 10.4236/jsemat.2012.22020
16. Obidov Z.R. Influence of pH of the medium on the anodic behavior of Zn5Al alloy doped with beryllium and magnesium // Z.R. Grievances. Izvestia SPbGTI (TU). - 2015. - No. 32 (58). - P. 52-55.
17. Obidov Z.R. Influence of the pH of the Medium on the Anodic Behavior of Scandium – Doped Zn55Al Alloy // Z.R.Obidov, A.V.Amonova, I.N. Ganiev. Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2013. – Vol. 54. – N 3. – P. 234-238. DOI: 10.3103/S1067821213030115
18. Obidov Z.R. Anodic Behavior of Zn5Al and Zn55Al Alloys Alloyed with Calcium in NaCl Solutions // Z.R.Obidov, I.N.Ganiev, D.N.Aliev, N.I.Ganieva. Russian Journal of Applied Chemistry. – 2010. – Vol. 83. – N 6. – P. 1015-1018. DOI: 10.1134/S1070427210060169
19. Obidov Z.R. Anodic Behavior and Oxidation of Strontium-Doped Zn5Al and Zn55Al Alloys // Z.R. Obidov. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2012. – Vol. 48. – N 3. – P. 352-355. DOI: 10.1134/S2070205112030136
20. Obidov Z.R. Effect of Scandium Doping on the Oxidation Resistance of Zn5Al and Zn55Al Alloys // Z.R.Obidov, A.V.Amonova, I.N. Ganiev. Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2013. – Vol. 87. – N 4. – P. 702-703. DOI: 10.1134/S0036024413040201
21. Obidov ZR Anodic behavior and oxidation of barium-doped Zn5Al and Zn55Al alloys // Z.R. Grievances. Izvestia SPbGTI (TU). - 2015. - No. 31 (57). - S. 51–54.
22. Obidov ZR Physicochemistry of zinc-aluminum alloys with rare earth metals // Z.R. Obidov, I.N. Ganiev. - Dushanbe: LLC "Andaleb-R", 2015. - 334 p.
23. Vasiliev E.K. Qualitative X-ray structural analysis // E.K. Vasiliev, M.S. Nazmansov. - Novosibirsk: Nauka, 1986. -- 200 p.

ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ РУҶ Zn0.5Al БО СТРОНСИЙ ҶАВҲАРОНИДАШУДА ДАР ҲОЛАТИ САХТ

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаи руҳ Zn_{0.5}Al, ки бо консентратсияҳои гуногуни ҷавҳаронидаи стронсий оварда шудааст. Бо усули термогравиметрӣ таъсироти хӯлаи руҳ Zn_{0.5}Al, ки бо стронсий ҷавҳаронидашуда бо оксигени ҳаво дар фосилаи ҳароратии 523÷623 К ва ҳолати сахт омӯхта шуд. Нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо муайян карда шудааст. Ҳангоми мавҷудияти компоненти ҷавҳаронӣ дар хӯлаи руҳ Zn_{0.5}Al то 0.1%-и масса раванди оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳои системаҳои Zn-Al-Sr бо камшавии суръати ҳақиқии оксидшавӣ ва афзоиши энергияи самараноки фаъолшавӣ тавсифонида мешавад. Ҳангоми ҷавҳаронидани хӯлаи руҳ бо 0.5 ва 1.0%-и вазн стронсий афзоиши начандони оксидшавии хӯлаҳо нишон дода шудааст. Муайян карда шудааст, ки раванди оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда бо фазаҳои газии оксиген ба қонунияти гипербола итоат менамояд.

Аниқ карда шудааст, ки иловаҳои стронсий дар ҳудуди 0.01÷0.1%-и вазн оксидшавии ҳулаи рух Zn0.5Al –ро намоён кам намуда, маҳсули оксидшавии ин ҳулаҳо оксидҳои ZnO, Al₂O₃, SrO, Al₂O₃·ZnO ва Al₂O₃·SrO мебошанд. Ҳулаҳои бо стронсий чавхаронидашуда ҳамчун рӯйпӯшҳои анодӣ ва протекторҳо барои муҳофизати маснуот ва конструксияҳои пӯлодии карбондор аз коррозия (дар ҳарорати баланд) тавсия карда мешавад.

Калидвожаҳо: ҳулаи Zn0.5Al, стронсий, ҳолати сахт, усули термогравиметрӣ, суръати оксидшавӣ, энергияи фаъолшавӣ, рафтори анодии ҳулаҳо.

ОКИСЛЕНИЕ ЦИНКОВОГО СПЛАВА Zn0.5Al, ЛЕГИРОВАННОГО СТРОНЦИЕМ, В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

В статье приведены результаты исследования кинетики окисления цинкового сплава Zn0.5Al, легированного стронцием различной концентрации. Термогравиметрическим методом исследовано взаимодействие цинкового сплава Zn0.5Al, легированного стронцием, с кислородом воздуха в интервале температур 523÷623 К, в твёрдом состоянии. Определены кинетические и энергетические параметры процесса высокотемпературного окисления сплавов. Процесс высокотемпературного окисления сплавов системы Zn-Al-Sr характеризуется монотонным снижением истинной скорости окисления и повышением эффективной энергии активации при содержании легирующего компонента в цинковом сплаве Zn0.5Al до 0.1 мас.%. При легировании цинкового сплава 0.5 и 1.0 мас.% стронцием показано незначительное увеличение скорости окисления сплавов. Выявлено, что процесс окисления исследованных сплавов кислородом газовой фазы подчиняется гиперболическому закону. Установлено, что добавки стронция в пределах 0.01÷0.1 мас.% значительно уменьшают окисляемость цинкового сплава Zn0.5Al, а продуктами окисления сплавов являются оксиды ZnO, Al₂O₃, SrO, Al₂O₃·ZnO, Al₂O₃·SrO. Легированные сплавы со стронцием рекомендуются как анодных покрытий и протекторов для защиты от коррозии углеродистых стальных изделий и конструкций, работающих при высоких температурах.

Ключевые слова: сплав Zn0.5Al, стронций, термогравиметрическое исследование, скорость окисления, энергия активации, анодное поведение сплавов.

OXIDATION OF STRONTIUM-DOPED ZINC ALLOY Zn0.5Al IN SOLID STATE

The article presents the results of studying the kinetics of oxidation of zinc alloy Zn0.5Al, doped with strontium of various concentrations. The interaction of strontium-doped zinc alloy Zn0.5Al with atmospheric oxygen in the temperature range 523 ÷ 623 K in the solid state was investigated by thermogravimetric method. The kinetic and energy parameters of the process of high-temperature oxidation of alloys have been determined. The process of high-temperature oxidation of alloys of the Zn-Al-Sr system is characterized by a monotonic decrease in the true oxidation rate and an increase in the effective activation energy when the content of the alloying component in the Zn0.5Al zinc alloy is up to 0.1 wt%. When a zinc alloy is alloyed with 0.5 and 1.0 wt% strontium, a slight increase in the rate of oxidation of the alloys is shown. It was revealed that the oxidation of the investigated alloys with oxygen in the gas phase obeys a hyperbolic law. It was found that additions of strontium in the range of 0.01 ÷ 0.1 wt.% significantly reduce the oxidizability of the zinc alloy Zn0.5Al, and the oxidation products of the alloys are oxides ZnO, Al₂O₃, SrO, Al₂O₃ · ZnO, Al₂O₃ · SrO. Strontium alloyed alloys are recommended as anodic coatings and protectors for corrosion protection of carbon steel products and structures operating at high temperatures.

Keywords: Zn0.5Al alloy, strontium, solid state, thermogravimetric study, oxidation rate, activation energy, anodic behavior of alloys.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Назаров Одилҷон Нусратович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, аспирант. **Суроға:** 734025, Чумхурии Тоҷикистон ш. Душанбе, х. Рӯдакӣ, 17. Тел.: **501 21 80 05**

Обидов Зийдулло Раҳматович – д.и.х., дотсент, сарҳодими илмии Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. **Суроға:** 734063, Чумхурии Тоҷикистон ш. Душанбе, к. Айнӣ 299/2, [E-mail: z.r.obidov@rambler.ru](mailto:z.r.obidov@rambler.ru)

Ғаниев Изатулло Наврузович – д.и.х., профессор, академики АМИТ, мудири озмоишгоҳи Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. **Суроға:** Чумхурии Тоҷикистон 734063, ш. Душанбе, к. Айнӣ 299/2.

Баҳодуров Юсуф Файзуллоевич – мудири кафедраи химияи ғайриорганикии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. **Суроға:** Чумхурии Тоҷикистон 734025, ш. Душанбе, х. Рӯдакӣ 17.

Сведения об авторах: *Назаров Одилҷон Нусратович* – Таджикский национальный университет, аспирант. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17.

Обидов Зийдулло Раҳматович – д.х.н., доцент, главный научный сотрудник Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айнӣ 299/2, [E-mail: z.r.obidov@rambler.ru](mailto:z.r.obidov@rambler.ru)

Ғаниев Изатулло Наврузович – д.х.н., профессор, академик НАНТ, заведующий лабораторией Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан г. Душанбе, ул. Айнӣ 299/2.

Баходуров Юсуф Файзуллоевич – заведующий кафедрой неорганической химии Таджикского национального университета **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки 17.

Information about authors: **Nazarov Odiljon Nusratovich** – post-graduate student of the Tajik national university. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, 17 Rudaki Str.

Obidov Ziyodullo Rahmatovich – doctor of chemical sciences, assistant professor, Chief researcher Chemistry institute named after V.I. Nikitin National of Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, 299/2 Ayni Street. E-mail: z.r.obidov@[rambler.ru](mailto:z.r.obidov@rambler.ru)

Ganiev Izatullo Navruzovich – doctor of chemical sciences, professor, academician NAST, head of the laboratory named after V.I. Nikitin National of Academy of Sciences of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, 299/2 Ayni Str.

Bahodurov Yusuf Fayzulloevich – head of the department of inorganic chemistry of the Tajik national university. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Aven., 17.

УДК 543-1. 06.6.

ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕМНИЯ В АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

*Шодиева С.Ф., *Зухурова М. А., Рачинская Г.Ф., Хамзаева Г.Ч.*

Таджикский национальный университет,

*Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими

Особо чистый алюминий и сплавы на его основе в ряду материалов высокой степени чистоты стоят одними из первых. Алюминий лёгок и обладает высокой коррозионной стойкостью, а легирование алюминия другими металлами усиливает свойства самого алюминия, а также вызывает появление новых свойств [1, с.16].

Перспективными являются сплавы алюминия с кремнием и титаном. Введение этих элементов повышает твёрдость алюминия, его электропроводность, улучшает механические свойства [2, с.78]. Сплавы алюминия с кремнием сохраняют коррозионную стойкость и малую плотность алюминия и имеют лучшую способность к свариванию.

В целом свойства сплавов на основе особо чистого алюминия ещё недостаточно изучены, ведётся поиск перспективных составов сплавов и областей их применения.

Эта работа требует информации о количественном составе сплавов, о равномерности распределения легирующих добавок, информации о качественном и количественном содержании микропримесей в алюминии и его сплавах.

Данная работа посвящена выбору фотометрического метода определения кремния с целью разработки методики определения кремния в алюминиевых сплавах.

Все сплавы Al, упрочняемые старением, содержат легирующие элементы, которые растворяются при повышенных температурах и выделяются при снижении температуры (в процессе старения), благодаря чему значительно увеличиваются прочностные свойства большинства литейных сплавов.

Основной легирующей добавкой является кремний, поскольку сплавы Al-Si обладают высокой жидкотекучестью и нечувствительны к образованию «горячих» трещин.

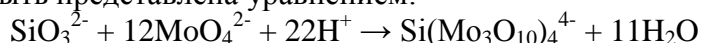
Сплавы Al-Si (эвтектические и доэвтектические), в которых кремний является основным легирующим элементом, составляют самую важную группу промышленных литейных сплавов (силумины) благодаря прекрасным литейным свойствам по сравнению с другими сплавами.

Физические и механические свойства этих сплавов находятся в широких пределах, что даёт возможность выбора сплава с необходимыми параметрами.

Кремний входит в состав алюминиевых сплавов многих марок и количестве от 0,1 до 35 %, в других сплавах как примесь, попадающая из шихтовых материалов. В алюминиевых сплавах кремний может находиться в виде химического соединения с другими элементами, в виде твердого раствора или в свободном (элементарном) состоянии [3, с.40].

Для определения кремния в алюминиевых сплавах и лигатурах рекомендуется фотоколориметрический метод [4, с.107], основанный на восстановлении кремнемолибденовой кислоты сульфатом железа (II). Светопоглощение измеряют при $\lambda = 536$ нм.

Реакция может быть представлена уравнением:



Кремнемолибдат аммония восстанавливается FeSO_4 до молибденовой сини. Восстановление образующейся кремнемолибденовой гетерополикислоты сульфатом Fe(II) рекомендуется и при определении больших количеств (16%) кремния в алюминиевых сплавах.

Для повышения чувствительности определения кремния фотометрическим методом предложено осуществлять реакцию образования тройного комплекса

кремнемолибденовой кислоты с родамином С ($\lambda=596$ нм). Авторы [5, с. 36] рекомендуют в качестве восстановителей: 1-амино-2-нафтол 4-сульфоокислоту, (ЭХТ) и аскорбиновую кислоту.

Для определения кремния можно использовать органический реагент хромпиразол II. Не мешают 1000 – кратные количества алюминия и других элементов [6, с.185]. Найдено, что ионы Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Ti^{4+} , Bi^{3+} , которые обычно присутствуют в силуминах, не мешают определению кремния ещё при соотношениях, $C_{Me}:C_{Si}$ -50; 22; 110; 200; 104 230; 20; 0,04; 0,03, соответственно.

Авторы отмечают, что ошибка определения кремния в силуминах не превышает 2% и она меньше, чем в случае применения в качестве восстановителя соли Мора. Восстановление кремнемолибденовой гетерополиокислоты аскорбиновой кислотой рекомендуется при определении кремния в металлическом алюминии и в некоторых сплавах на его основе [7, с.90].

Авторы [8, с.88] разработали сравнительно простой и недлительный фотометрический метод определения 0,5-12% кремния в алюминиевых сплавах, основанный на образовании жёлтого комплекса кремнемолибденовой гетерополиокислоты при $pH = 1,5$, и большом избытке молибдат-иона, исключая стадию восстановления. Ошибка определения до 5 % кремния не превышает $\pm 9,1$ %, а от 5 до 12 % - $\pm 0,15$ %. Результаты анализов хорошо совпали с результатами, полученными весовым методом.

В [9, с.28] приводится методика фотометрического определения кремния в диапазоне содержаний $n \cdot 10^{-2}$ –2% (по массе) в сплавах и лигатурах, содержащих V, Mo, Cr, Ti, Mn, Al, Nb, Mg РЗЭ и др. элементы.

Методика включает выделение кремния в виде SiF_4 , его поглощение плёнкой NaOH, нанесённой на крышку фторопластового стакана, в котором ведётся растворение, и последующее определение кремния по окраске восстановленного кремнемолибденного комплекса.

Из рассмотренных методов анализа нами для определения Si в алюминиевых сплавах был выбран метод, основанный на восстановлении кремнемолибденовой кислоты сульфатом железа [4,с.107]. Метод рекомендуют для определения маленьких (1-2%) Si и больших количеств (16%) кремния в алюминиевых сплавах и лигатурах, кроме того, в нём не надо использовать редкие органические реагенты.

Экспериментальная часть.

1. Стандартный раствор Si (IV) (0,5 мг Si /1мл) готовили следующим образом: навеску 1,6740 г. $Na_2[SiF_6]$ растворяли в воде в мерной колбе ёмкостью 500 мл и доводили водой до метки, 1 мл полученного раствора содержит 0,5 мг кремния (раствор А). Более разбавленный раствор, который используют в день проведения эксперимента (раствор Б), готовят разбавлением 4 мл раствора А в мерной колбе на 100 мл; 1 мл раствора Б содержит 0,02 мг кремния [10, с.150].

2. Приготовление фона, относительно которого измеряли оптическую плотность: 0,25 г. металлического алюминия растворяли в 10 мл раствора гидроксида натрия, переводили раствор в мерную колбу вместимостью 250 мл, куда предварительно вливали 50 мл соляной кислоты- HCl (раствор – 1,1 г/мл), доводили объём до метки водой после охлаждения раствора.

Кроме указанных реагентов использовали 5% раствор сернокислого железа, 20% раствор NaOH, 1%, 5% растворы молибдата аммония, растворы HCl и H_2SO_4 . Все реагенты использовались марки «х.ч.».

Выбор длины волны для измерения оптической плотности. Из литературы известно, что кремний с молибдатом аммония в кислой среде образует комплекс, который восстанавливается сульфатом железа до молибденовой сини [4,с.107]. С целью выбора длины волны, при которой полученный комплекс имеет максимальную оптическую плотность (то есть максимально поглощает), была снята зависимость оптической

плотности (A) от длины волны (λ). Результаты этой зависимости представлены в таблице 1.

Из таблицы следует, что молибденовая синь максимально поглощает при $\lambda=680$ нм. Все последующие измерения проводили при этой длине волны, используя спектрофотометр-26.

Таблица 1. Зависимость светопоглощения раствора от длины волны. $C_{Si(IV)}=7 \cdot 10^{-4}$ моль; $C_{MoO_4^{2-}}=8,4 \cdot 10^{-3}$ моль; $l=1,0$ см

Table 1. The dependence of the light absorption of the solution on the wavelength $C_{Si(IV)}=7 \cdot 10^{-4}$ Mol; $C_{MoO_4^{2-}}=8.4 \cdot 10^{-3}$ Mol; $l=1.0$ cm

λ , нм	A	λ , нм	A
540	0,60	680	0,85
550	0,64	700	0,83
560	0,66	720	0,80
570	0,70	740	0,78
580	0,76	760	0,75
640	0,83		

Влияние количества HCl на оптическую плотность комплекса. Из литературы известно, что комплекс кремния с молибдатом аммония устойчив в солянокислой среде. Поэтому необходимо было изучить влияние HCl на оптическую плотность раствора Si(IV). Кислоту HCl готовили разбавлением концентрированной (1:1).

В мерные колбы на 50 мл вносили по 2 мл Si (IV) ($C_{Si(IV)}=7 \cdot 10^{-4}$ М), 10 мл молибдата аммония (1%), 12 мл 5% раствора $FeSO_4$, а затем различные количества HCl (1:1). Результаты оптической плотности представлены в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость оптической плотности (A) от количества HCl

$V_{Si(IV)}=2$ мл; $C_{Si(IV)}=7 \cdot 10^{-4}$ моль; $V_{Mo(VI)}=10$ мл; $C_{Mo(VI)}=8,4 \cdot 10^{-3}$ моль; $V_{колб.}=50$ мл

Table 2. Dependence of A on the amount of HCl $V_{Si(IV)}=2$ ml; $C_{Si(IV)}=7 \cdot 10^{-4}$ Mol; $V_{Mo(VI)}=10$ ml; $C_{Mo(VI)}=8.4 \cdot 10^{-3}$ Mol; $V_{col}=50$ ml

HCl, мл	0	1	2	3	4	5	6	7	8
A, нм	0,06	0,26	0,27	0,24	0,22	0,13	0,05	0,07	0,03

Как следует из таблицы, максимальная оптическая плотность наблюдается при добавлении 2 мл HCl (1:1), если Si (IV) взято 2 мл с $C_{Si(IV)}=7 \cdot 10^{-4}$ М. Большой избыток HCl вызывает ослабление окраски и соответственно уменьшение оптической плотности, что, очевидно, связано с образованием H_2SiO_3 .

Определение количества сульфата железа.

Сульфат железа (II) используется как восстановитель для Mo (VI), входящего в комплекс с Si (IV), в результате чего образуется соединение, содержащее Mo (V) и имеющее синюю окраску (молибденовая синь). Поэтому была изучена зависимость оптической плотности (A) от количества $FeSO_4$, необходимого для восстановления Mo (VI) в Mo (V). Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость оптической плотности (A) от количества $FeSO_4$

$V_{Si(IV)}=2$ мл; $C_{Si(IV)}=7 \cdot 10^{-4}$ моль, $V_{Mo(VI)}=10$ мл; $C_{Mo(VI)}=8,4 \cdot 10^{-3}$ моль, $C_{FeSO_4}=5\%$, $V_{колбы}=50$ мл

Table 3. Dependence of A on the amount of $FeSO_4$ $V_{Si(IV)}=2$ ml; $C_{Si(IV)}=7 \cdot 10^{-4}$ Mol, $V_{Mo(VI)}=10$ ml; $C_{Mo(VI)}=8.4 \cdot 10^{-3}$ Mol, $C_{FeSO_4}=5\%$, $V_{flasks}=50$ ml

V_{FeSO_4} , мл	0	2	4	5	6	7	8	9
A	0,025	0,15	0,21	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26

Таким образом, для 2 мл раствора Si (IV) ($C=7 \cdot 10^{-4}$ моль) достаточно 5 мл 5 % раствора сульфата железа для восстановления Mo(VI) в Mo(V), содержащееся в комплексе. Учитывая, что количество кремния в алюминиевых сплавах 2 %, то максимальное количество FeSO_4 , которое нужно добавлять к пробе, растворённой в 50 мл щелочного раствора NaOH, будет соответствовать 10-12 мл 5 % раствора.

Определение состава комплекса.

Для определения состава комплекса обычно используют метод изомолярных серий. Метод изомолярных серий заключается в приготовлении серии растворов с переменными концентрациями центрального иона и лиганда, при этом их суммарная концентрация в каждом растворе должна оставаться одной и той же. Затем измеряют оптическую плотность (A) каждого раствора при выбранной длине волны (λ).

На графике оси ординат откладывают A, по оси абсцисс-молярные доли компонентов в растворах. При соотношения молярных долей компонентов, равных стехиометрическому соотношению в комплексе, на графике будет максимум.

Метод даёт хорошие результаты при соотношениях компонентов 1:1; 1:2, а при больших отношениях—труднее найти максимум. В этом случае раствор лиганда готовят во много раз концентрированнее, чем раствор, содержащий центральный ион. В нашем случае, для снятия зависимости готовили растворы кремния ($7 \cdot 10^{-4}$ М) и молибдата аммония в 12 раз больше ($8,4 \cdot 10^{-3}$ М). Затем измеряли оптическую плотность (A) каждой серии. Как следует из рис 1, таблицы 4, максимум поглощения наблюдается при соотношении объёмов, равных 5:5, то есть при Si (IV) : Mo (VI) = 1:1. Но так как концентрация Mo (VI) была в 12 раз больше, следовательно, в комплексном соединении соблюдается соотношение Si(IV):Mo(VI)=1:12. Обычно Mo (VI) в растворе полимеризуется и реакцию образования комплексного соединения можно выразить уравнением:

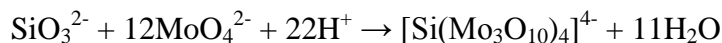


Таблица 4. Значения оптической плотности от различного соотношения Si(IV): Mo(VI) (метод изомолярных серий); $C_{\text{Si(IV)}} = 7 \cdot 10^{-4}$ моль ; $C_{\text{Mo(VI)}} = 8,4 \cdot 10^{-3}$ моль; $l = 1,0$ см. СФ-26

Table 4. The values of optical density from different ratios of Si (IV): Mo (VI) (isomolar series method); $C_{\text{Si (IV)}} = 7 \cdot 10^{-4}$ Mol; $C_{\text{Mo (VI)}} = 8.4 \cdot 10^{-3}$ Mol; $l = 1.0$ cm. SF-26

Соотношение объёмов р-ров Si(IV):MoO ₄ ²⁻ ,мл	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5	4:6	3:7	2:8	1:9
A	0,13	0,21	0,31	0,35	0,41	0,36	0,24	0,17	0,09

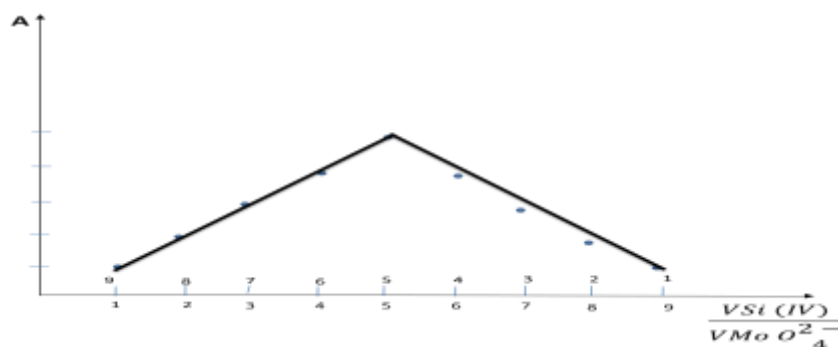


Рис.1. Зависимость оптической плотности от различного соотношения Si(IV): Mo(VI), $C_{\text{Si(IV)}} = 7 \cdot 10^{-4}$ моль; $C_{\text{Mo(VI)}} = 8,4 \cdot 10^{-3}$ моль; $l = 1,0$ см

Fig. 1. Optical density versus different ratio Si (IV): Mo (VI), $C_{\text{Si (IV)}} = 7 \cdot 10^{-4}$ mol; $C_{\text{Mo (VI)}} = 8.4 \cdot 10^{-3}$ mol; $l = 1.0$ cm

Величина молярного коэффициента светопоглощения составляет $1,4 \cdot 10^2$ при концентрации кремния (IV), равной $1,42 \cdot 10^{-3}$ М, (оптическая плотность $A=0,2$, кювета 1,0 см). Значение ϵ достаточно высокое, что позволяет использовать данный метод для количественного определения кремния в сплавах.

Влияния времени на устойчивость комплекса Si (IV) с молибдатом аммония. Изучение устойчивости комплексного соединения от времени позволило найти оптимальное время, за которое можно провести измерение целой серии исследуемых растворов. Как показали исследования, уже через 10 минут окраска стабилизируется и остаётся постоянной в течение 3 часов и суток. Исходя из этого, во всех последующих исследованиях измерение оптической плотности проводили через 20 минут после сливания всех необходимых реагентов.

Зависимость оптической плотности от концентрации Si (IV). Для определения содержания кремния (IV) в сплавах необходимо построить градуировочный график, то есть зависимость оптической плотности от концентрации кремния (IV), используя найденные оптимальные условия образования окрашенного комплекса. Такую зависимость строили в интервалах концентраций, позволяющих определить Si (IV) от 0,5 до 2,0%, используя 0,2 г. навески сплава для анализа.

В изученном интервале концентраций Si (IV) соблюдается прямолинейная зависимость A от концентрации Si (IV).

Следовательно, этот график можно использовать для анализа сплава на содержание Si (IV) в указанном интервале его концентраций. Правильность используемой методики определения Si (IV) проверена при анализе стандартного образца сплава алюминия с кремнием. Результаты анализа стандартного образца ($n=3$) и статистическая обработка результатов приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5. Результаты анализа стандартного образца в сплавах алюминия, содержащего 7 % кремния

Table 5. The results of the analysis of the standard sample in aluminum alloys containing 7 % silicon

Навеска, г	A	Содержание Si, %
0,1	0,414	6,90
0,1	0,417	6,94
0,1	0,420	7,00

Таблица 6. Статистическая обработка результатов анализа стандартного образца Al-Si
Table 6. Statistical processing of standard sample analysis results Al-Si

№ опыта	% Si	\bar{X} , %	$(\bar{X} - X_i)$ %	$S_n = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}} \cdot 100, \%$
1	6,90	6,95	0,05	$S_n = \sqrt{\frac{0,0036}{1,4142}} \cdot 100 = 0,06 \%$
2	6,94		0,01	
3	7,00		0,05	

Результаты статистической обработки определения Si (IV) в сплавах вполне удовлетворительные, относительное стандартное отклонение составляет 0,06%. Следовательно, можно использовать данный метод для определения кремния (IV) в сплавах.

Для разработки методики определения кремния (IV) в сплавах необходимо изучить влияние некоторых ионов, которые могут содержаться в сплавах. С этой целью изучено влияние алюминия – основы сплава, а также титана на величину оптической плотности

комплекса кремния (IV). Данные по влиянию алюминия (III) и титана (IV) на оптическую плотность комплекса кремния (IV) представлены в таблице 7.

Таблице 7. Влияние алюминия и титана на оптическую плотность (А) комплекса кремния (IV)

Table 7. The effect of aluminum and titanium on a complex of silicon (IV)

Соотношение концентраций, М		А	Соотношение концентраций, М		А
кремния	алюминия		кремния	титана	
1	0	0,080	1	0	0,080
1	1	0,080	1	1	0,079
1	10	0,081	1	10	0,081
1	100	0,082	1	100	0,082
1	1000	0,082	1	1000	0,084

Как следует из приведенных данных, присутствие ионов алюминия и титана практически не влияет на величину оптической плотности, что позволяет вести определение кремния (IV) в алюминиевом сплаве, содержащем 100 кратное количество титана по сравнению с кремнием.

Анализ образцов сплава алюминий-кремний.

После нахождения оптимальных условий образования окрашенного комплекса кремния (IV) с молибдатом аммония были проанализированы различные образцы сплавов Al-Si на содержание в них кремния (IV) по следующей методике.

Навеску массой 0,125 г. растворяют в 5 мл 20 % - ного раствора гидроксида натрия во фторопластовом стакане, покрытом часовым стеклом, сначала без нагревания, а затем кипятят на плитке 5-10 минут. Во избежании выпаривания раствора в стакан приливают воду до объема 5-10 мл. В мерную колбу вместимостью 250 мл вливают 50 мл соляной кислоты (6:5) и медленно приливают предварительно охлажденный полученный раствор, промывают тщательно стенки стакана теплой водой (40-50°C): охлаждают содержимое колбы, разбавляют водой до метки и тщательно перемешивают. Затем отбирают аликвотную часть раствора (5 мл) в мерную колбу вместимостью 50 мл и приливают 20 мл воды, а затем 5 мл раствора молибдата аммония и спустя 5-6 минут – 12,5 мл раствора железа (II) сернокислого. Объем раствора доводят до метки водой, перемешивают и не ранее, чем через 20 минут измеряют оптическую плотность (А), при $\lambda = 680$ нм на СФ-26 в кюветах с $l = 1,0$ см.

Используя градуировочный график, рассчитывали содержание кремния (%) в анализируемых сплавах по формуле:

$$\%Si = \frac{C \cdot 10^{-3} \cdot \vartheta \cdot 100}{A \cdot a};$$

где С – количество кремния по графику, мг.

ϑ - объем анализируемого раствора, мл.

А – навеска, г.

а – аликвотная часть.

10^{-3} пересчетный коэффициент для перевода мг в г.

Результаты анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8. Результаты анализа сплава Al-Si (проба № 561), n = 2.

Table 8. The results of the analysis of the Al-Si alloy (sample No. 561),

n = 2. № пробы	позиция	А	Содержание кремния, %
1	Край	0,090	0,72
2	Край	0,090	0,72
3	Середина	0,090	0,72
4	Середина	0,095	0,76

Сплав № 561 специально проанализирован по разным позициям слитка: край диска и центр диска с целью выяснения, как идёт распределение кремния в сплаве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова З.Н. Технический анализ /З.Н.Иванова, А.П. Савостин //– М.: Металлургия, 1981. – 280 с.
2. Определение титана в сплавах на основе особо чистого алюминия / Г.Ч. Хамзаева, М.А. Зухурова, Г.Ф. Рачинская // журн. Политехнический Вестник. – Душанбе, 2019. № 2. – С.78-81.
3. Алюминий. Свойства и физическое металловедение. Справочник. Под редакцией Дж. Е. Хэтча // - М.: Металлургия, 1989. – 250 с.
4. Дифференциальный фотометрический анализ. Определение кремния в алюминиевых сплавах и лигатурах / Б.Ф. Барковский, И.И.Гонопольский //- М.: Химия, 1969. – 168 с.
5. Особенности спектрофотометрического определения кремния в материалах металлургического производства и возможности повышения чувствительности анализа. Атомно-абсорбционный анализ промышленных материалов и сырья. Материалы семинара /М.Н. Горлова, М.Н. Феофанова //–М.: МДНТП им. Р.Э.Дзержинского, 1976. – 205 с.
6. Органические реагенты в анализе металлов. Справочник/А.И.Лазарев. - М.: Металлургия, 1980. – 232 с.
7. Фотометрическое определение кремния в металлическом алюминии. Технология лёгких сплавов / Р.К.Коняхина, М.Н. Горлова // Науч. технол. бюлл. ВИЛСА, 1973.-№11. – С. 89-92.
8. Определение кремния в высококремнистых алюминиевых сплавах. Технология лёгких сплавов /Р.Н.Белоусова, М.Н.Горлова // Научное технология. бюлл. ВИЛСА, 1973. -№11. – С. 87-89.
9. Определение кремния в лигатурах сплавах с предварительным отделением фторида кремния /В.В.Игнатьева, Л.И.Кирсанова, М.Е.Карелина, М.В. Шмит // Науч.тр. н.и. проект. Ин-та редкомет.про-ти, ГИРЕДМЕТ,1989. Т.119.- С.27-31.
10. Приготовление растворов для химико-аналитических работ /П.П. Коростелёв. – М.: «Наука», 1964. – 180 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Ivanova Z.N. Technical analysis / Z. N. Ivanova, A. P. Savostin // - М.: Metallurgy, 1981. – 280 p.
2. Determination of titanium in alloys based on extra pure aluminum / G.Ch. Khamzaeva, M.A. Zuhurova, G.F. Rachinskaya // journal. Polytechnic Bulletin. - Dushanbe, 2019. No. 2. - P.78-81.
3. Aluminum. Properties and physical metallurgy. Directory. Under. Edited by J.E. Hatch // -М.: Metallurgy, 1989. – 250 p.
4. Differential photometric analysis. Determination of silicon in aluminum alloys and ligatures / B.F. Barkovsky, I. I. Gonopolsky // - Moscow: Chemistry, 1969. – 168 p.
5. Features of spectrophotometric determination of silicon in materials of metallurgical production and the possibility of increasing the sensitivity of the analysis. Atomic absorption analysis of industrial materials and raw materials. Seminar materials / M.N. Gorlova, M.N. Feofanov // - М.: MDNTP im. R.E. Dzerzhinsky, 1976. – 205 p.
6. Organic reagents in the analysis of metals. Reference / A. ILazarev. - М.: Metallurgy, 1980. – 232 p.
7. Photometric determination of silicon in metallic aluminum. Technology of light alloys / R.K. Konyakhina, M.N. Gorlova // Scientific. technol. bull. VILSA, 1973.-№11. – P. 89-92.
8. Determination of silicon in high-silicon aluminum alloys. Technology of light alloys / RN Belousova, MN Gorlova // Scientific technology. bull. VILSA, 1973. -No.11. – P. 87-89.
9. Determination of silicon in ligatures and alloys with preliminary separation of silicon fluoride / VV Ignatieva, LI Kirsanova, ME Karelina, MV Lukashenko. Schmitt // Scientific tr. n.i. project. Institute of rare-metal anti-ti, GIREDMET, 1989. T.119. – P.27-31.
10. Preparation of solutions for chemical analytical work / P.P. Korostelev. - М.: "Science", 1964. – 180 p.

БО УСУЛИ ФОТОМЕТРӢ МУАЙЯН НАМУДАНИ СИЛИТСИЙ ДАР ХӮЛАҲОИ АЛЮМИНИЙ

Мақола ба муайян кардани силитсий дар таркиби хӯлаи алюминий бо усули фотометрӣ бахшида шудааст. Маълум аст, ки яке аз асосии чавҳаронидани хӯлаи Al-Si мебошад, ки дар истехлолот барои рехтагарии хӯлаҳо роли муҳимро мебозад, ҳосияти хуби рехтагарӣ ва механикиро дорад. Аз шумораи бисёри усулҳо, барои муайян кардани силитсий дар таркиби хӯлаи алюминий маҳз усули фотометрӣ интихоб карда шуд, ки он асосан ба барқарор кардани кислотаи силитсиймолибдат дар сульфати оҳан равона карда шудааст. Ин усул барои муайян кардани миқдори ками (1-2 %) – и силитсий ва миқдори зиёди (16%) – и силитсий дар хӯлаи алюминий ва чавҳаронидан истифода бурда мешавад. Татқиқотҳои фотометрӣ дар асбоби спектрофотометрӣ СФ – 26 гузаронида шуданд. Бо мақсади ошкор намудани тақсимшавии силитсий дар хӯлаҳо таҳлили хӯлаи Al-Si ба қисмҳои алоҳидаи рехтаҳо гузаронида шуд. Шароити муътадилӣ фотометрӣ барои ба даст овардани маҳлули кабудӣ реаксияи фотометрии молибден муайян карда шуд. Миқдори силитсий бо мақсади аниқ кардани дурустии методикаи пешниҳод гардида, дар намунаҳои хӯлаҳои алюминий таҳлил карда шуд. Барои муайян намудани намунаи стандартӣ Al+S(7%) майлқунии стандартӣ 0,06% -ро ташкил

медихад. Таҳлили хӯлаҳои Al-Si дар мавқеҳои гуногун бо миқдори силитсий гузаронида шудва муайян карда шуд, ки тақсимшавии силитсий дар рехтаҳои хӯла баробар тақсим шудааст.

Калидвожаҳо: таҳлили намуна, хӯла, алюминий-силитсий, шаронти оптималӣ, майлкунии стандартӣ, зичии оптикӣ, реаксияи фотометрӣ.

ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕМНИЯ В АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Статья посвящена фотометрическому определению кремния в алюминиевых сплавах. Известно, что кремний является основной легирующей добавкой, поскольку сплавы Al-Si составляют самую важную группу промышленных литейных сплавов благодаря прекрасным литейным и механическим свойствам. Из многочисленных методов определения кремния в алюминиевых сплавах выбран фотометрический метод, основанный на восстановлении кремнемолибденовой кислоты сульфатом железа (II). Метод можно использовать для определения маленьких (1-2%) кремния и больших количеств (16%) кремния в алюминиевых сплавах и лигатурах. Фотометрические исследования проводили на спектрофотометре СФ-26. Анализ сплавов Al-Si проводили по разным позициям слитка с целью выяснения распределения кремния в сплаве. Определены оптимальные условия проведения фотометрической реакции получения молибденовой сини. С целью выяснения правильности разработанной методики проанализированы образцы алюминиевых сплавов на содержание кремния. Стандартное отклонение составляет 0,06% для стандартного образца Al+S (7). Проведён анализ сплавов Al-Si по разным позициям на содержание кремния и показано, что распределение кремния в слитке сплава равномерное.

Ключевые слова: анализ образцов, сплав, алюминий-кремний, оптимальные условия, стандартное отклонение, оптическая плотность, фотометрическая реакция.

PHOTOMETRIC DETERMINATION OF SILICON IN ALUMINUM ALLOYS

The article is devoted to the photometric determination of silicon in aluminum alloys. It is known that silicon is the main alloying additive, since Al-Si alloys constitute the most important group of industrial casting alloys due to their excellent casting and mechanical properties. Of the many methods for determining silicon in aluminum alloys, the photometric method based on the reduction of silicomolybdic acid by iron (II) sulfate was selected. The method can be used to determine small (1-2%) silicon and large quantities (16%) of silicon in aluminum alloys and alloys. Photometric studies were performed on an SF-26 spectrophotometer. The analysis of Al-Si alloys was carried out at different positions of the ingot in order to determine the distribution of silicon in the alloy. The optimal conditions for the photometric reaction of obtaining molybdenum blue are determined. In order to clarify the correctness of the developed methodology, samples of aluminum alloys for the silicon content were analyzed. The standard deviation is 0.06% for the standard sample Al + S (7%). The analysis of Al-Si alloys at different positions on the silicon content is carried out and it is shown that the distribution of silicon in the alloy ingot is uniform.

Keywords: analysis of samples, alloy, aluminum-silicon, optimal conditions, standard deviation, optical density, photometric reaction.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Шодиева Соима Фаёзовна* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи химияи аналитикӣ. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, Душанбе, хиё. Рӯдакӣ 17. **E-mail:** Shodieva1969@mail.ru. **Тел:** 93 807 37 01

Зухурова Мавлуда Ашуровна - Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, номзади илмҳои химия, муаллими калони кафедраи коркарди энергия ва хидмати нафту газ. **Суроға:** 734042, Тоҷикистон, Душанбе, кӯчаи Раҷабовҳо, 10. **E-mail:** mavluda.zukhurova@mail.ru . **Тел:** 93 308 43 42

Рачинская Галина Федоровна – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи химияи аналитикӣ. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **Тел.:** 919011388

Ҳамзаева Гулбахор Чагировна - Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи химияи аналитикӣ. **Суроға:** 734025, Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** Khamzaeva1963@mail.ru. **Тел.** 919 04 35 49

Сведения об авторах: *Шодиева Соима Фаёзовна* – Таджикский национальный университет, кандидат химических наук, доцент кафедрой аналитической химии. **Адрес:** 734025, Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 17. **E-mail:** Shodieva1969@mail.ru. **Тел:** 93 807 37 01

Зухурова Мавлуда Ашуровна – Таджикский технический университета им. академика М.С.Осими, кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры переработки энергоносителей и нефтегазового сервиса. **Адрес:** 734042, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Раҷабовых, 10. **E-mail:** mavluda.zukhurova@mail.ru. **Тел:** 93 308 43 42

Рачинская Галина Фёдоровна – Таджикский национальный университет, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии. **Адрес:** 734025, Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 17. **Телефон 919 01 13 88**

Хамзаева Гулбахор Чагировна – Таджикский национальный университет, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии. **Адрес:** 734025, Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки 17. **E-mail:** Khamzaeva1963@mail.ru. **Тел., 919 04 35 49.**

Information about the authors: *Shodieva Soima Fayozovna* – Tajik National University, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Analytical Chemistry. **Address:** 734025, Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17. **E-mail:** Shodieva1969 @ mail.ru. **Phone: 93 807 37 01**

Zuhurova Mavluda Ashurovna – Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Energy Processing and Oil and Gas Service. **Address:** 734042, Tajikistan, Dushanbe, Rajabovs str., 10. **E-mail:** mavluda.zuhurova@mail.ru. **Phone: 93 308 43 42**

Rachinskaya Galina Fedorovna – Tajik National University, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Analytical Chemistry. **Address:** 734025, Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17. **Phone: 919 01 13 88**

Khamzaeva Gulbahor Chagirovna – Tajik National University, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Analytical Chemistry. **Address:** 734025, Tajikistan, Dushanbe, Rudaki ave., 17. **E-mail:** Khamzaeva1963@mail.ru. **Phone: 919 04 35 49**

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕРНИСТЫХ РУД
АКДЖИЛГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Самихов Ш.Р., Лалоенов Ф.С.

Таджикский национальный университет

Основной технологии извлечения благородных металлов из руд коренных месторождений является цианистый процесс, посредством которого добывается до 90% золота и значительное количество серебра. Существует, однако категория так называемых упорных руд, прямое цианирование которых либо вообще невозможно (без применения дополнительных дорогостоящих технологических операций), либо характеризуется низкими показателями извлечения. К числу упорных относятся и золотые, серебряные, медистые руды, месторождения которых достаточно распространены в мире, в том числе в РФ [1, с. 37; 2, с. 114].

В качестве одной из основных предпосылок для формирования вида упорности руды, в частности, золото- и серебросодержащей, является вопрос, какой из технологических процессов обработки этих руд могут и должны быть приняты в качестве основы [3, с. 224; 4, с. 18].

Для получения высококачественных концентратов нужно как лучше раскрыть поверхность соответствующих минералов от пустой породы и друг от друга [5, с. 23; 6, с. 163; 7, с. 109; 8, с. 1].

Многими учеными признано, что упорность золота и серебра, ассоциированного с сульфидами, связана не только присутствием наночастиц самородного золота и серебра, а также [9, с. 227; 10, с. 1], но также твердого раствора [11, с. 1360; 12, с. 1365] коллоидных частиц [13, с. 1270].

За последние десятилетия в производстве дробильно-измельчительного и флотационного оборудования в Республике Таджикистан достигнуты значимые результаты. Анализ развития техники и технологий обогащения полезных ископаемых указывает на достижения отечественной фундаментальной науки в области раскрытия механизмов разделения сложных минеральных комплексов [14, с. 28; 15, с. 241]. Это позволило создать эффективные процессы и технологии для первичной переработки руд сложного вещественного состава и, как следствие, обеспечить металлургическую промышленность необходимой номенклатурой концентратов требуемого качества. Однако отечественное оборудование все же уступает зарубежному по качеству, металлоемкости, энергоемкости и износостойкости. Вследствие этого, а также в связи с недостаточной автоматизацией, компьютеризацией процессов обогащения полезных ископаемых производительность труда на отечественных фабриках в разы отстает от мировых аналогов. Переход на новую стратегию первичной переработки минерального сырья возможен только на основе новой технолого-минералогической оценки месторождений. Применение современных физических, физико-химических и химических методов исследования с изучением природных структурных характеристик руд, минеральных комплексов, характера вкрапленности, степени раскрытия фаз во всех циклах переработки позволяют получать достоверную и полную информацию о технологических свойствах руд, оптимизировать процессы рудо подготовки и разделения минеральных компонентов, определить научно обоснованный прогноз оптимальной технологии обогащения природного и техногенного минерального сырья. Технолого-минералогическая информация о сырьевых объектах позволила создать и освоить рудоподготовительные процессы, обеспечивающие выделение технологических типов кондиционной обогащенной руды для последующей переработки с получением отвального продукта.

Руда Акджилгинского месторождения представлена сернистыми осиленными коллективными залежами медно-сурьмяно-серебряных полиметаллических сернистых руд. Главным образом выделяются две залежи: длина залежи №1 115 м, средняя толщина 0,5 м, средняя проба серебряной руды 2087,8 г/т; длина залежи № 2 также 115 м, средняя толщина 0,46 м, средняя проба серебряной руды 2351,7 г/т.

Промышленный тип руд, перерабатываемых на обогатительной фабрике, главным образом представлен полиметаллическим сернистым окисленным тетраэдритом, степень окисления руд достаточно высокая. Естественный тип руд представлен коллективным минерализованным комбинированным типом, который подразделяется на тетраэдрит, теннантит, халькоприт, халькозин, ковеллин, малахит, броханит и самородную медь, частично встречается минерализация халькоприта и парагенезис минерализации пирита. Вторичная минерализация малахита, азурита, ковеллин.

Масштабы обнаруженных на месторождении медно-сурьмяных руд неоднородны, толщина минимального залегания 0,3 м, тянется вдоль простирания пласта на 115 м, толщина максимального залегания более 3 м, содержание руд в залежах разное, обычно составляет 0,15-2,5%. Залежи медных руд главным образом сконцентрированы в центральной части с уклоном на север, их распределение достаточно централизовано, все залежи имеют жилистую форму, руды залегают в тектонических зонах разлома или сбоку, в межпластовых трещинах, зонах контакта интрузивных и вмещающих пород, направление их размещения четко predetermined тектоникой и интрузивными массивами. Основными объектами разработки являются залежь №1 и залежь №2 месторождения.

Руды цветных металлов включают в себя: тетраэдрит, теннантит, халькопирит, сидерит, бурый железняк. Неметаллические руды в основном включают в себя кварц, далее - карбонатные минералы, серицит и хлорит.

На основании химического анализа в руде месторождения Акджилгин, были определены нижеследующие компоненты (таблица 1).

Руда добывается из шахты месторождения Акджилга и собирается на площадке складирования руды (или в бункере для исходной руды), затем измельчается в двух замкнутых циклах в три этапа до получения продуктов минерального происхождения размером менее 15 мм. Порошкообразная рудная продукция измельчается в замкнутом цикле, сформированном одно участковой шаровой мельницей и спиральным классификатором с высоким сливным порогом, сортированный перелив проходит через блок циклона Ф250 мм для контроля технологического процесса сортированного измельчения руды. Концентрация перелива в циклоне достигает 28-32%.

Таблица 1. Результаты химического анализа исходной руды
Table 1. Results of chemical analysis of the initial ore

Компоненты	Содержание, %
Cu	0,75
Pb	0,03
Zn	0,03
Sn	0,12
Cd	0,001
Ag (г/т)	1051
Bi	0,061
Sb	0,47
W	0,001
S	0,44
Fe	23,53
As	0,145
SiO ₂	27,85
MnO ₂	3,62
P ₂ O ₅	0,001
CaF ₂	0,087

Измельченная рудная продукция размером $-0,0074$ мм с тонкостью до 90-92% подвергается процессу флотации; проходит одиночный технологический процесс коллективной флотации. Процесс флотации представлен одной грубой, тремя тонкими и тремя контрольными флотациями, в результате чего получается коллективный концентрат из меди, сурьмы, серебра и хвосты. Концентрат песочным насосом поднимается в сгуститель для обогащения, вода перелива поступает в отстойник, откуда после осаждения возвращается в воду для производственной системы. Осажденный песок идет в керамический фильтр для дегидратации, фильтрат поступает в отстойник, кек упаковывается в мешки для концентрата и отправляется на реализацию. Флотационные хвосты являются отвальными хвостами горно-обогатительного комбината, в ранние периоды они по закрытым трубопроводам самотеком проходят к хвостохранилищу, находящемуся на расстоянии более 500 м. В последующие периоды из-за повышения уровня набросной дамбы, в соответствии с потребностями развития или за счет увеличения давления в шламовом насосе хвосты перекачиваются в хвостохранилище.

В целях превращения результатов испытаний в производительные силы в ходе испытаний применяется общепотребительный экологический обогащающий реагент, передовое и отвечающее реальной ситуации добычи исходной руды на Акджилгинском месторождении технологическое решение обогащения руды, для обогащения и регенерации меди, сурьмы, серебра и других ценных элементов используется технология коллективной флотации. Технология загрузки экспериментального реагента замкнутого типа и качественно-количественная схема испытаний представлены на рисунке 1 и таблице 2.

Результаты флотационной испытаний показывают, что за счет тонкого измельчения и усиления управления технологическим процессом для освоения данных ресурсов рядовых руд можно получить достаточно хорошие показатели сепарации, путем эксперимента замкнутого типа получен медно-сурьяно-серебряный коллективный концентрат. Согласно результатам качественных и эмпирических исследований установлено, что для данного исследования используется технология коллективной флотации. Путем многократных обсуждений определена технология коллективной флотации, процесс флотации представлен одной грубой, тремя тонкими и тремя контрольными флотациями, в результате чего получается коллективный концентрат из меди, сурьмы и серебра и хвосты. Хвосты коллективной флотации также являются отвальными хвостами обогащения. Расход реагентов в процессе флотации представлена в таблице 3.

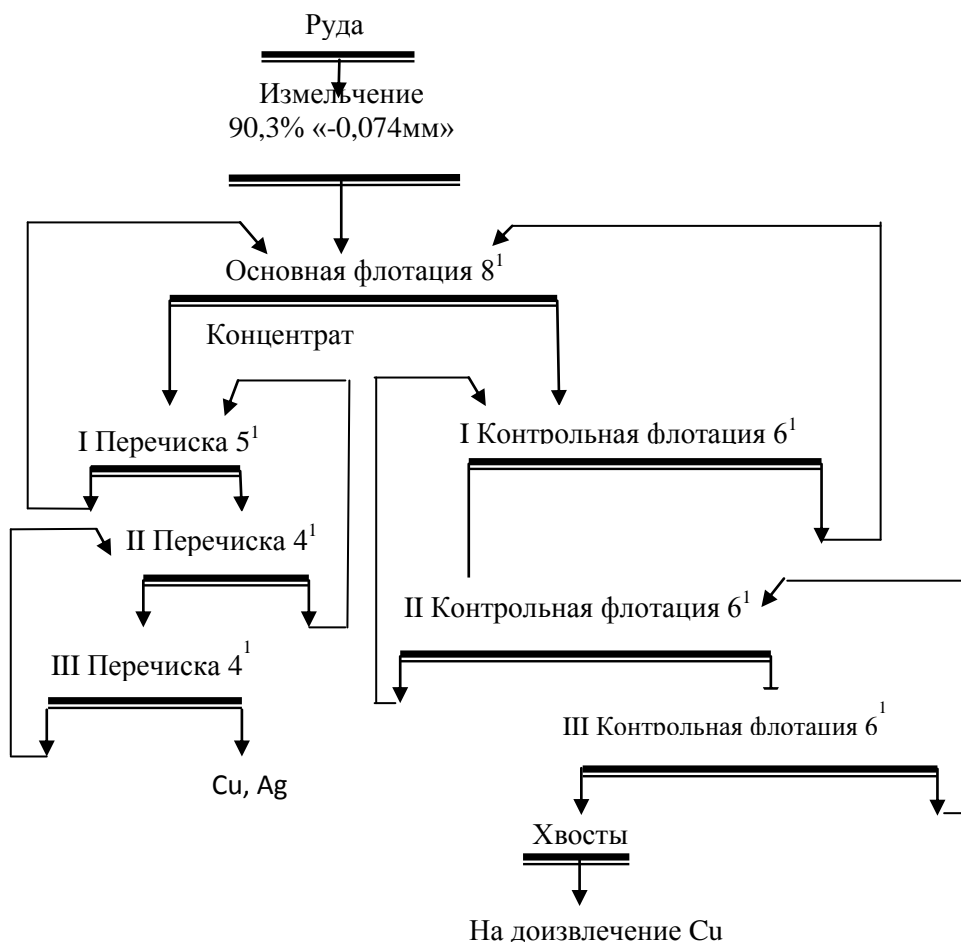


Рис. 1. Технологическая схема обогащения полиметаллической руды месторождения Акджилга
Fig. 1. Technological scheme for processing polymetallic ores of the Akjilga deposit

Таблица 2. Результаты флотации в замкнутом цикле с тремя перечистками концентрата

Table 1. The result of flotation in a closed cycle with three re-cleaning concentrate

Наименование продуктов	Выход (γ), (%)	Содержание Компонентов, %			Извлечение металлов, (%)		
		Cu	Ag (г/т)	Sb	Cu	Ag	Sb
Исходная руда	100,00	0,75	1051,0	0,47	100,00	100,00	100,00
Медный концентрат	3,11	18,22	32144,0	7,68	75,48	95,11	50,67
Хвосты	96,89	0,19	53,0	0,24	24,52	4,89	49,33

Таблица 3. Расход реагентов в процессе флотации

Table 1. The result of flotation in a closed cycle with three re-cleaning concentrate

Название операции	Название подаваемого реагента	Суммарный расход (г/т)
Бак песочного насоса циклона	Безводный карбонат натрия	1000
Классифицированный перелив	Сульфид натрия	250
Основная флотация	Дитиосфат 25#	20
	Z-200	20

	Масло 2#	20
	Смешанный реагент-собираТЕЛЬ	300
	Диэтилдитиокарбамат	100
	Жидкое стекло	1000
Третий бак грубого смешивания	Смешанный реагент-собираТЕЛЬ	100
	Диэтилдитиокарбамат	50
Коллективная контрольная флотация 1	Дитиосфат 25#	10
	Z-200	10
	Масло 2#	10
	Смешанный реагент-собираТЕЛЬ	150
	Диэтилдитиокарбамат	50
	Безводный карбонат натрия	300
	Сульфид натрия	100
Коллективная контрольная флотация 2	Z-200	5
	Смешанный реагент-собираТЕЛЬ	80
	Диэтилдитиокарбамат	30
	Сульфид натрия	50
Коллективная контрольная флотация 3	Смешанный реагент-собираТЕЛЬ	40
	Диэтилдитиокарбамат	20

Хвосты представляют собой сбрасываемые обогатительной фабрикой промышленные отходы, основным химическим составом которых являются; SiO_2 , CaCO_3 , MgO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 и т.д. В хвостах также содержатся небольшое количество меди, сурьмы, серебра и других цветных металлов. Основными загрязняющими веществами хвостов по данному проекту являются: FeS , флотореагенты и малые количества ионов металлов, таких как Cu^{2+} , Sb^{2+} и других растворимых солей. Сухие хвосты накапливаются в хвостохранилище. Осажденные двухступенчатым отстойником хвостовые стоки возвращаются в бассейн оборотной воды на повторное использование в производственном процессе. Запрещается сброс наружу хвостовых стоков, с целью предотвращения загрязнения окружающей среды или близлежащих вод. Результаты многоэлементного анализа хвостов представлены в таб. 4.

Таблица 4. Результаты химического анализа хвостов флотации
Table 1. Results of chemical analysis of flotation tailings

Компоненты, %	Cu	Sn	Ag (г/т)	Pb	Zn	Fe	S	As	CaF ₂
Содержание	0,19	0,15	53,0	0,02	0,02	22,9	0,13	0,09	0,15

Таким образом, обогащение полиметаллических руд методом флотации с последующей переработкой концентратов, экологически безопасен, менее затратно, осуществляется с большей скоростью извлечения основных компонентов и может быть рекомендовано для промышленного применения на обогатительных фабриках для сурьмяно-медно-сурьмяных руд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лодейщиков В.М. Аммиачное цианирование медистых золотых руд / В.М. Лодейщиков, О.Д. Хмельницкая, Г.И. Войлошников. Цветные металлы, 2010. – №8. – С. 37 – 40.
2. Самихов, Ш.Р. Технология разработки окисленной золото-,медно-, мышьяксодержащей руды месторождения Тарор / Ш.Р. Самихов, А.Б. Бобохонов, З.А. Зинченко // Вестник Таджикского национального университета, 2014. – № 1/1 (126). – С. 114 – 119.
3. Лодейщиков В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд / В.В. Лодейщиков. В 2-х томах. – Иркутск: Изд-во «Иргиредмет». – 1999. – Т. 1. – 342 с.

4. Самихов Ш.Р. Научные основы технологии переработки упорных и бедных золотосодержащих руд Таджикистана: дис. ... док.тех.наук: 04.04.18 / Ш.Р. Самихов. – Душанбе, 2018. – 316 с.
5. Соложенкин П.М. Обогащение руд на обогатительных фабриках Таджикской ССР / Издательство «Дониш», 1984. – 80 с.
6. Самихов Ш.Р. Технология флотации полиметаллических руд месторождения большой Канмансур / Ш.Р.Самихов, З.А.Зинченко, А.Т. Исаева. Вестник Таджикского национального университета, 2017, № 1/4. – С.163-168.
7. Самихов Ш.Р. Оптимизация показателей обогащения свинцово-цинковых руд месторождения «Зарнисор» путем повышения содержания класса – 0,074 мм в пульпе / Ш.Р. Самихов, Дж.Н. Бадалов // Вестник ТГУ. Серия инженерные исследования, 2019. № 1 (45), 2019. – С.109-112.
8. Патент № ТД 1088 Республика Таджикистан. Способ флотационного обогащения полиметаллических руд / Ш.Р. Самихов, А.Т. Исоева. – № 1901328; заявлено 02.07.2019; опубл. 06.06.2020.
9. Меретуков, М.А. Золото. Химия. Минералогия. Металлургия. / М.А.Меретуков // -М.: Руда и металлы, 2008. – С. 226-242.
10. Majzlan, J. The nanoparticulate nature of invisible gold in arsenopyrite from Pezinok/ J. Majzlan, M. Chovan, P. Andras, M. Newville, M. N. Wiedenbeck //Jb. Miner. Abh., 187/1. 2010. - P. 1-9.
11. Palenik, C.S. “Invisible” gold revealed: Direct imaging of gold nanoparticles in a Carlin-type deposit. / C.S. Palenik, S. Utsunomiya, M. Reich, et al. // American Mineralogist, Vol. 89. 2004. -P. 1359-1366.
12. Yang, S. The nature of invisible gold in sulfides from Xiangxi Au-Sb-W ore deposit in Northwestern Hunan, People’s Republic of China./ S. Yang, N. Blum, E. Rahders, Z. Zhang // The Canadian Mineralogist, Vol. 36. 1998. -P. 1361-1372.
13. Cabri, L.J. Chemical speciation of gold in arsenopyrite. / L.J. Cabri, M. Newville, R.A. Gordon, E.D. Croizer, et al. // The Canadian Mineralogist. 2000. –Vol. 38. -P. 1265-1281.
14. Chryssoulis, S.L. Mineralogical investigation of gold ores. /S.L. Chryssoulis, J. McMullen// Developments in Mineral Processing, 2005. -Vol. 15. -P. 21-72.
15. Глембоцкий В.А. Флотационные методы обогащения / В.А. Глембоцкий, В.И. Классен // - М.: «Недра 1981». – С. 238-250.

REFERENCES LITERATURE

1. Lodeyshchikov V.M. Ammonia cyanidation of cuprous gold ores / V.M. Lodeyshchikov, O.D. Khmel'nitskaya, G.I. Voiloshnikov. Non-ferrous metals, 2010. - No. 8. - P. 37 - 40.
2. Samikhov, Sh.R. Development technology of oxidized gold-, copper-, arsenic-bearing ore of the Taror / Sh.R. Samikhov, A.B. Bobokhonov, Z.A. Zinchenko // Bulletin of the Tajik National University, 2014. - № 1/1 (126). - P. 114 - 119.
3. Lodeyshchikov V.V. Technology of gold and silver extraction from refractory ores / V.V. Lodeyshchikov. In 2 volumes. - Irkutsk: Publishing house "Irgiredmet". - 1999. - Т. 1. - 342 p.
4. Samikhov Sh.R. Scientific bases of the technology of processing refractory and poor gold-bearing ores in Tajikistan: dis. ... doc.technical sciences: 04.04.18 / Sh.R. Samikhov. - Dushanbe, 2018. - 316 p.
5. Solozhenkin P.M. Enrichment of ores at the enrichment factories of the Tajik CCP / Publishing house "Donish", 1984. - 80 p.
6. Samikhov Sh.R. Technology of flotation of polymetallic ores of the Bolshoi Kanmansur deposit / Sh.R. Samikhov, Z.A. Zinchenko, A.T. Isaeva. Bulletin of the Tajik National University, 2017, No. 1/4. - P.163-168.
7. Samikhov Sh.R. Optimization of indicators of enrichment of lead-zinc ores of the Zarnisor deposit by increasing the grade of 0.074 mm in pulp / Sh.R. Samikhov, J.N. Badalov // Bulletin of TGU. Engineering Research Series, 2019. No. 1 (45), 2019. - P.109-112.
8. Patent No. TJ 1088 Republic of Tajikistan. Method of flotation concentration of polymetallic ores / Sh.R. Samikhov, A.T. Isoeva. - No. 1901328; announced on 07/02/2019; publ. 06.06.2020.
9. Meretukov, M.A. Gold. Chemistry. Mineralogy. Metallurgy. / M.A. Meretukov // -М.: Ore and metals, 2008. - P. 226-242.
10. Majzlan, J. The nanoparticulate nature of invisible gold in arsenopyrite from Pezinok/ J. Majzlan, M. Chovan, P. Andras, M. Newville, M. N. Wiedenbeck //Jb. Miner. Abh., 187/1. 2010. - P. 1-9.
11. Palenik, C.S. “Invisible” gold revealed: Direct imaging of gold nanoparticles in a Carlin-type deposit. / C.S. Palenik, S. Utsunomiya, M. Reich, et al. // American Mineralogist, Vol. 89. 2004. -P. 1359-1366.
12. Yang, S. The nature of invisible gold in sulfides from Xiangxi Au-Sb-W ore deposit in Northwestern Hunan, People’s Republic of China./ S. Yang, N. Blum, E. Rahders, Z. Zhang // The Canadian Mineralogist, Vol. 36. 1998. -P. 1361-1372.
13. Cabri, L.J. Chemical speciation of gold in arsenopyrite. / L.J. Cabri, M. Newville, R.A. Gordon, E.D. Croizer, et al. // The Canadian Mineralogist. 2000. –Vol. 38. -P. 1265-1281.
14. Chryssoulis, S.L. Mineralogical investigation of gold ores. /S.L. Chryssoulis, J. McMullen// Developments in Mineral Processing, 2005. -Vol. 15. -P. 21-72.
15. Glembockiy V.A. Flotation methods of enrichment / V.A. Glembockiy, V.I. Klassen // - М.: "Nedra 1981". - P. 238-250.

ТЕХНОЛОГИЯ И ГАНИГАРДОНИИ МАЪДАНИ СУЛФУРДОРИ ПОЛИМЕТАЛЛИИ КОНИ АКДЧИЛГА

Дар байни маъдани душворганигардонидашудаи полиметаллии мис-сурма-нукрадори минтакаи Акчилва металлҳои асосии ҷудошаванда мис, сурма, ва нукраи ҳамроҳикунанда, инчунин, дигар элементҳо ба монанди сурб ва оҳан мебошанд, тавассути флотатсияи концентрати коллективии мис-сурма-нукрадор ҷудо карда мешаванд. Минералҳои қиматбаҳои тетраэдрит, халкопирит дар шаклҳои хурд ва донабандии тунук мавҷуд буда, вале сохтори онҳо хеле мураккаб мебошад. Элементҳои металлӣ асосӣ нукра, мис, сурма, сурб ва оҳан мебошанд, ки дар шакли сулфидҳо ё оксидҳо ба вуҷуд омадаанд. Аз ҳама қабати минералӣ кварс аст. Дар шароити тунукмайдакунии маъдан барои гузаронидани таҷриба андозаи муайяни 90,3% -0,074 мм тавсия дода мешавад. Технологияи флотатсияи коллективии истифодашаванда, ки дар натиҷа концентрати коллективии мис-сурма-нукрадор ва партов ҳосил мешавад.

Калидвожаҳо: кон, маъдани нукрадор, флотатсия, реагентҳои химиявӣ, концентрати мис-сурма-нукрадор, ҷудокунии металл

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕРНИСТЫХ РУД АКДЖИЛГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Среди медно-сурьмяно-серебряных полиметаллических труднообогатимых руд Акджилгинского района основными извлекаемыми металлами являются серебро, медь, сурьма и сопутствующие свинец и железо, путем коллективной флотации комплексно извлекается медно-сурьмяно-серебряный коллективный концентрат. Ценные ископаемые тетраэдрит, халькопирит инкрустировано располагаются в форме мелких и тонких гранул, однако их структура достаточно сложная. Основные металлические элементы, медь и сурьма, образуются в форме сульфидов или оксидов. Основным жильным минералом является кварц. При условии тонкости измельчения руды, рекомендованной для эксперимента 90,3% -0,074 мм используется технология коллективной флотации, в ходе которой получают медно-сурьмяно-серебряный коллективный концентрат и хвосты.

Ключевые слова: месторождение, серебряные руды, флотация, химические реагенты, медно-сурьмяно-серебряный концентрат, извлечения металла.

THE TECHNOLOGY OF ENRICHMENT OF POLYMETALLIC SULFIDE ORES ACCELLENCIE FIELD

Among the copper-antimony-silver polymetallic refractory ores of the Akdzhilginsky region, the main recoverable metals are silver, copper, antimony and accompanying lead and iron; by means of collective flotation, a complex copper-antimony-silver collective concentrate is extracted. The valuable minerals tetrahedrite and chalcopyrite are encrusted in the form of small and thin granules, but their structure is rather complex. The main metallic elements, copper and antimony, are formed in the form of sulfides or oxides. Quartz is the main vein of minerals. Provided the fineness of ore grinding, recommended for the experiment, 90.3% -0.074 mm, the technology of collective flotation is used, during which a copper-antimony-silver collective concentrate and tailings are obtained.

Keywords: deposit, silver ores, flotation, chemical reagents, copper-antimony-silver concentrate, metal extraction

Маълумот дар бораи муаллиф: *Самихов Шонаврӯз Раҳимович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, д.и.т., профессори кафедраи технологияи истеҳсоли химиявӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, х. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** samikhov72@mail.ru. **Тел.:** (+992) 900 19 95 72.

Лалоенов Фарид Санговчиевич – унвонҷӯ, химик-технологии фабрикаи ганигардони кони Акчилга. **Суроға:** 736222, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хоруғ. **E-mail:** farid.laloenov@bk.ru. **Тел.:** (+992) 93 512 60 60

Сведение об авторах: *Самихов Шонаврӯз Раҳимович* – Таджикский национальный университет, д.т.н., профессор кафедры технологии химических производств. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, Душанбе, пр. Рудаки, 17. **E-mail:** samikhov72@mail.ru. **Тел.:** (+992) 900 19 95 72

Лалоенов Фарид Санговчиевич – соискатель, химик-технолог-обогатительной фабрики Акджилгинского месторождения. **Адрес:** 736222, Республика Таджикистан, г. Хоруг, **E-mail:** farid.laloenov@bk.ru. **Тел.:** (+992) 93 512 60 60

Information about the authors: *Samikhov Shonavruz Rahimovich* – Tajik National University, Doctor of Technical Sciences, Department of Chemical Production Technology. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Aven., 17, **E-mail:** samikhov72@mail.ru. **Phone:** (+992) 900 19 95 72.

Lalaenov Farid Sangovchievich – applicant, a chemical engineer - concentrator Accellencie field. **Address:** 736222, Republic of Tajikistan, Khorog, **E-mail:** farid.laloenov@bk.ru. **Phone:** (+992) 93 512 60 60

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА (II) С 1,5 – ДИФЕНИЛ-ПЕНТАДИЕН – 2,4-1-ОНОМ*Бобоева Б.Т., Холикова Л.Р., Курбонова М.З., ¹Муродов Д.С.***Таджикский национальный университет****¹Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айни**

ВВЕДЕНИЕ. Уникальным физико-химическим свойствам цинк и его соединения, нашли широкое применение в различных областях промышленности и народного хозяйства. Известно, что биологическая роль цинка как микроэлемент в живом организме очень велика, так как он играет важнейшую роль в процессах регенерации кожи, роста волос и ногтей, секреции сальных желез. Он играет в переработке организмом алкоголя, поэтому недостаток цинка может повышать предрасположенность к алкоголизму (особенно у подростков). Цинк укрепляет иммунную систему организма.

Среди полидентатных органических лигандов для химии координационных соединений цинка (II) особый интерес представляют халконы (1,3-диарил-2-пропен-2-оны, бензилдиацетофенон, бензальацетофенон, фенилстирилкетон, 1,5-дифенилпента-2,4-диен-1-он и др.). Они относятся к α, β -непредельным карбонильным соединениям. Молекула содержит два ароматических или гетероароматических кольца, соединенных цепочкой с непредельной связью.

Наличие этого фрагмента многие авторы связывают с различной биологической активностью замещенных халконов: противовоспалительной [2], противотуберкулезной [3], антиоксидантной, противовирусной, антимикробной, противогрибковой и многими другими видами активности [4].

Замещенные халконы являются ингибиторами различных ферментов [5,6], перспективными противоопухолевыми препаратами [7, 8]. Как ингибиторы гипоксией индуцируемого фактора 1 (H1P-1) они пригодны для профилактики онкологических заболеваний [9]. Также, они привлекают внимание в качестве препаратов, обладающих селективной активностью против дерматофитов [10].

В действительности особый интерес представляют халконы (1,3-диарил-2-пропен-2-оны, бензилденацетофенон, бензальацетофенон, фенилстирилкетон, 1,5-дифенилпента-2,4-диен-1-он, как полидентатные органические лиганды для синтеза координационных соединений с биологическими металлами, например, цинком(II). Так как они являются непредельные карбонильные соединения и содержат две ароматических или гетероароматических колец, теоретически можно предполагать, что протекании реакций при обычных условиях реально.

Они представляют интерес в качестве компонентов для солнечных батарей (DSSCs) [11], ионоселективных электродов, молекулярных устройств.

По обзору литературы имеются сведения о полученных высокоактивные гербициды и фунгицидов, эффективно защищающих урожай от болезней и вредителей. С этой цели поиск перспективных лекарственных и пестицидных препаратов среди производных этого класса требует дальнейшего изучения их химических и биологических свойств.

В этой связи синтез и исследование новых комплексов цинка(II) с 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-оном является актуальной задачей. В литературе нет никаких сведений о координационных соединениях цинка(II) с 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-оном и его производными. Настоящая работа посвящена синтезу и исследованию свойств координационных соединений цинка с 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-оном.

Материалы и методики исследования. Разработаны оптимальные условия синтеза новых комплексных соединений цинка(II) с 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-оном в водно - этанольной среде.

Синтез данных соединений осуществлен при мольном соотношении **Zn:L=1:1** и 1:2 в водно-спиртовом растворе.

Синтез каждого комплексного соединения проводилось несколько раз по методике указанных в [12,13]. В качестве исходных соединений при синтезе координационных соединений цинка(II) нами были использованы: дважды перекристаллизованный $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-он.

Синтез $[ZnL(H_2O)SO_4] \cdot 2H_2O$. С начало 0,8г 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-она растворяли в 25 мл этанола и к полученному раствору при интенсивном перемешивании небольшими порциями последовательно добавляли 1г сульфата цинка. Мольное соотношение Zn:L составляло 1:1. Раствор перемешивали в течении двух часов при нагревании до образования осадка и отстаивали для кристаллизации. Выпавший осадок желтоватого цвета отфильтровывали, промывали этанолом (50мл), эфиром (30 мл) и высушивали в вакуум-эксикаторе над твёрдым КОН до постоянной массы.

Полученное соединение хорошо растворяется в диметилформамиде, диметилсульфоксиде, ацетоне и в минеральных кислотах. Выход составляет 85 % от теоретического.

Синтез $[ZnL_2(H_2O)_2]SO_4$ было получено аналогично по методике, разработанной для предыдущего соединения. Соотношение реагирующих компонентов Zn:L составляло 1:2. При этом было получено жёлто-беловатое кристаллическое соединение состава $[ZnL_2(H_2O)_2]SO_4$, которое хорошо растворяется в воде, ДМФА, ДМСО и практически нерастворимо в ацетоне, бензоле, толуоле и других органических растворителях. Были получены воспроизводимые результаты с выходом продуктов от 65 до 70%, от теоретической.

Кристаллооптическим методом с применением поляризационного микроскопа МИН-8 и набора иммерсионных жидкостей подтверждена чистота и индивидуальность полученных комплексов.

Состав и строение полученных соединений установлен на основании данных химического элементного анализа и с применением различных физико-химических методов исследований.

Для установления способа координации 1,5-дифенилпента-2,4-диен -1-она и сульфат ионов к центральному атому, были сняты ИК-спектры исходных соединений и синтезированных координационных соединений цинка на их основе.

Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение. Изучение ИК-спектров 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-оном, и синтезированных координационных соединений цинка (II) показывают, что в спектре исходного лиганда проявляются средние и интенсивные полосы поглощения при 487 см^{-1} , 532 см^{-1} , 694 см^{-1} , 806 см^{-1} , 825 см^{-1} , 956 см^{-1} , 1010 см^{-1} , 1074 см^{-1} , 1180 см^{-1} , 1192 см^{-1} , 1325 см^{-1} , 1400 см^{-1} , 1487 см^{-1} , 1560 см^{-1} , 1583 см^{-1} , 1597 см^{-1} , 1649 см^{-1} [15, 16, 17].

На рисунке 1 приведена ИК-спектр некоординированного лиганда 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-онома.

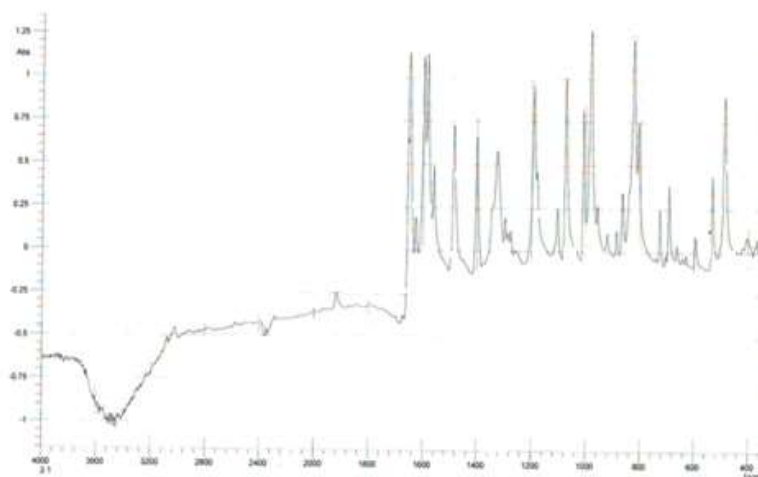


Рис. 1. ИК-спектр 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-оном
Figure: 1. IR spectrum of 1,5-diphenylpentadiene-2,4-1-one

Сравнение данных ИК-спектров исходных и синтезированных координационных соединений показан характер координации к атому цинка(II) органического лиганда и сульфат-ионов.

Установлено, что в спектре полученных координационных соединений цинка(II) наблюдается определённые изменения в характере полос поглощений функциональной группы $\nu(\text{C}=\text{O})$ лиганда. Характеристические полосы поглощения соответствующие функциональным группам лигандов смещены как в низкочастотную, так и в высокочастотную область спектра [14].

Изучение ИК-спектров показало, что в спектрах синтезированных комплексов цинка (II) состава $[\text{ZnL}(\text{H}_2\text{O})\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ полосы поглощения карбонильной группы, сульфат-ионы смещены на $30\text{-}45\text{ см}^{-1}$ в низкочастотную область по сравнению со спектром исходного лиганда.

Полосы поглощения валентных колебаний $\nu(\text{C}=\text{O})$ в спектрах координационного соединения состава $[\text{ZnL}(\text{H}_2\text{O})\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ со средней интенсивностью проявляются при 1405 см^{-1} , 1430 см^{-1} , 1583 см^{-1} , 1632 см^{-1} , 1649 см^{-1} , а сульфат-ионы при 613 , 632 , 1095 , 1139 и 1180 см^{-1} соответственно. Эти изменения в спектрах 1,5-дифенилпента-2,4-диен-1-он и сульфат-ионы указывают в пользу их координации к центральному атому посредством донорных атомов кислорода карбонильной группы и двух атомов кислорода сульфат-ионов.

Полоса деформационных колебаний $\delta(\text{H}_2\text{O})$ в спектрах как координационных соединений состава $\text{Zn:L}=1:1$, так и для комплексосостава $\text{Zn:L} = 1:2$ проявляется полосы при $1610\text{-}1620\text{ см}^{-1}$, а в интервале $3600\text{-}3400\text{ см}^{-1}$ присутствуют полосы, характерные для колебаний кристаллизационных молекул воды, еще раз доказывает координацию молекул воды к цинку (II) посредством атомов кислорода наличия молекул воды в составе комплексов [18, 19].

На рис. 2 и 3 представлены ИК-спектры координационных соединений составов: $[\text{ZnL}(\text{H}_2\text{O})\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $[\text{ZnL}_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

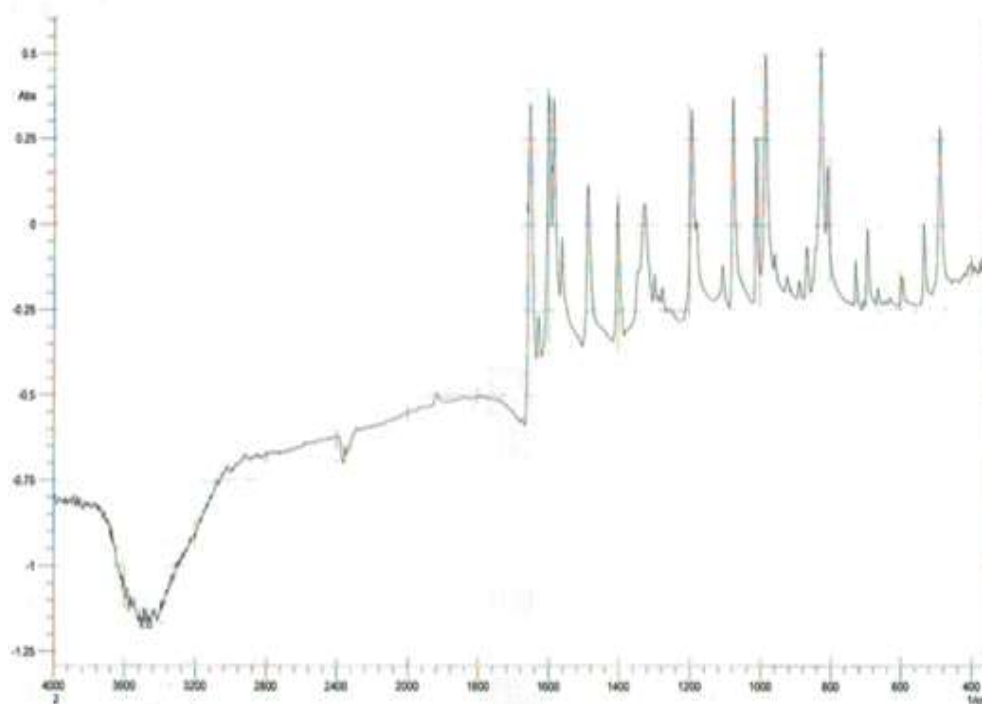


Рис. 2. ИК-спектр $[ZnL(H_2O)SO_4] \cdot 2H_2O$
Fig.: 2. IR spectrum of $[ZnL(H_2O)SO_4] \cdot 2H_2O$

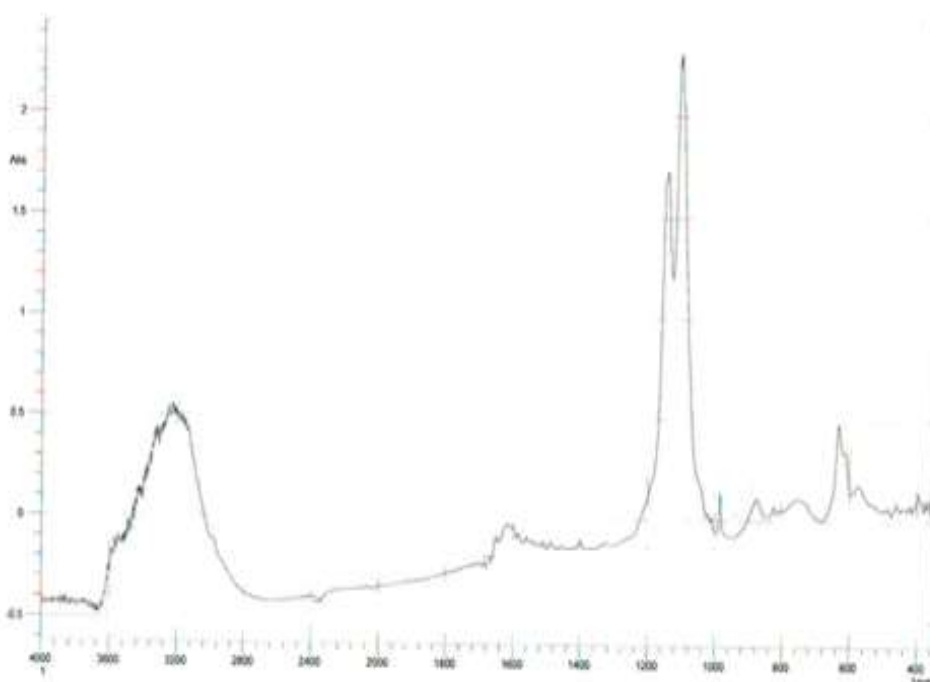


Рис. 3. ИК - спектр координационных соединений $[ZnL_2(H_2O)_2]SO_4 \cdot H_2O$
Figure: 3. IR - spectrum of coordination compounds $[ZnL_2(H_2O)_2]SO_4 \cdot H_2O$

Анализ ИК-спектров этих комплексов показывает, что характер их спектров в области $632-1192 \text{ см}^{-1}$ резко отличаются друг от друга. При этом в спектрах координационного соединения состава $[ZnL_2(H_2O)_2]SO_4 \cdot H_2O$ полученных при нагревании реагирующих компонентов полосы соответствующие колебанию $\nu(C=O)$, молекулы лиганда, $\nu(SO_4)$, $\delta(H_2O)$ проявляются более четко по сравнению со спектрами комплекса состава: $[ZnL(H_2O)SO_4] \cdot 2H_2O$.

Полученные экспериментальные данные можно интерпретировать тем, что вероятно в спектре соединения состава: $[ZnL_2(H_2O)_2] \cdot SO_4 \cdot H_2O$ происходит наложение полос

поглощений валентных и деформационных колебаний координированных молекул воды с полос поглощений карбонильной группы молекулы лиганда.

На основании данных элементного химического анализа и изучения ИК-спектров установлено, что молекула 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-оном координируются к атому цинка(II) монодентатно через донорные атомы кислорода карбонильной группы, а сульфат-ионы в комплексах состава: $[ZnL(H_2O)SO_4] \cdot 2H_2O$ через двух донорных атомов кислорода сульфат ионов.

Молярную электрическую проводимость (μ) разнолигандных моноядерных координационных соединений цинка (II) измеряли кондуктометрическим методом при помощи моста переменного тока Р - 5021 в термостатируемой ячейке с платиновыми электродами. Была исследована концентрационная зависимость молярной электрической проводимости водных и диметилформамидных растворов координационных соединений цинка (II), синтезированные в нейтральной среде по методике [20-21].

Результаты проведенных исследований по определению электрической проводимости водных растворов координационных соединений цинка (II) с данным лигандом представлены в таблицах 1,2.

Показано, что значение молярной электрической проводимости (μ) для изученных координационных соединений возрастает от времени, что можно объяснить их частичной диссоциацией и замещением внутрисферных ионов молекулами растворителя.

Сравнением электропроводности диметилформамидных и водных растворов моноядерных соединений цинка (II) составов: $[ZnL(H_2O)SO_4] \cdot 2H_2O$, $[ZnL_2SO_4] \cdot 2H_2O$ установлено, что в водных растворах вытеснение сульфат ионов из внутренней сферы комплекса протекает быстрее, чем в диметилформамидных растворах. Этот факт является вполне объяснимым, поскольку молекулы воды способны более эффективно образовывать координационные связи с центральным атомом, чем молекулы органического растворителя.

Исследованием концентрационной зависимости молярной электрической проводимости комплексов (табл. 1-2) цинка (II) с 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-оном, установлено, что при разбавлении как диметилформамидных, так водных растворов наблюдается незначительное изменение значения μ , моноядерных координационных соединений, что указывает об их устойчивости в соответствующих растворителях.

Таблица 1. Концентрационная зависимость молярной электрической проводимости (μ , $Om^{-1} cm^2 mol^{-1}$), координационного соединения цинка (II) с 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-онома

Table 1. Concentration dependence of molar electrical conductivity (μ , $Om^{-1} cm^2 mol^{-1}$), coordination compound of zinc (II) with 1,5-diphenylpentadiene-2,4-1-onome

R , $кOm^{-1} cm^2$	R , $Om^{-1} cm^2$	$=$, $Om^{-1} cm^2$	μ , $Om^{-1} cm^2 mol^{-1}$	C , моль/л	\sqrt{C} , моль/л	α
1,280	1280	$3,027 \cdot 10^{-3}$	23,50	$10 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$7,9 \cdot 10^{-2}$
1,099	1099	$3,54 \cdot 10^{-3}$	38,82	$8,3 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$
9,670	9670	$4,03 \cdot 10^{-3}$	58,70	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$
9,861	9861	$4,27 \cdot 10^{-3}$	75,57	$6,2 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
9,114	9114	$4,72 \cdot 10^{-3}$	103,89	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что при разбавлении растворов комплексов, молекулами воды или ДМФА обладающие донорными способностями, входят во внутреннюю сферу комплексов путем вытеснения

ацидолигандов вследствие, которого увеличивается значение молярной электрической проводимости соответствующих комплексов.

Данные таблицы 1.2 показывают, что значения молярной электрической проводимости растворов координационных соединений составов: $[\text{ZnL}(\text{H}_2\text{O})\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $[\text{ZnL}_2(\text{H}_2\text{O})_2]\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ где L - 1,5 – дифенилпентадиен – 2,4 – 1 – оном в ДМФА лежат в интервале от 23,50 до 103,89 $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$, что соответствует слабым электролитам, а значения молярной электрической проводимости растворов второго соединения лежат в интервале от 233 до 271 $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$, что является характерным для электролитом.

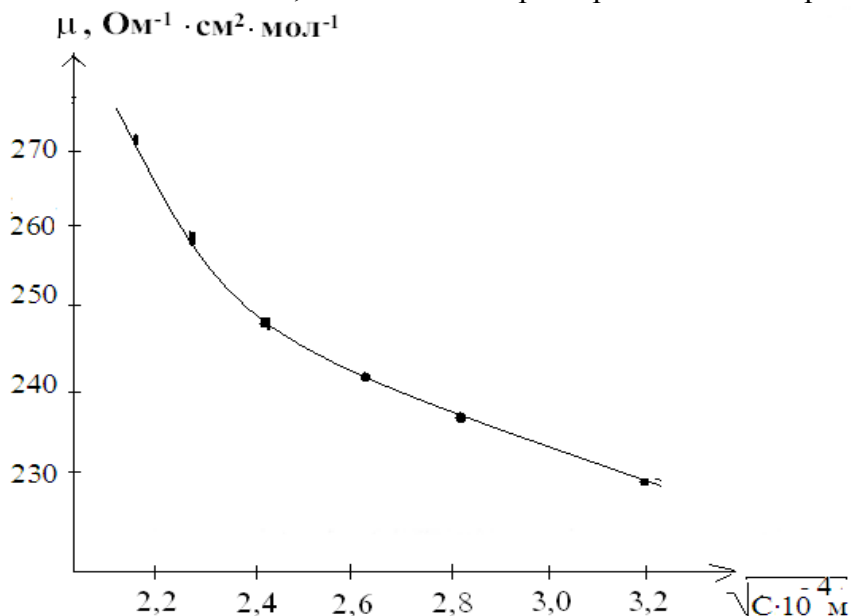


Рис.1. Зависимость $\mu=f(C)$ комплекса $[\text{ZnL}(\text{H}_2\text{O})\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ от концентрации в среде ДМФА при 25°C

Fig. 1. Dependence of $\mu = f(C)$ of the $[\text{ZnL}(\text{H}_2\text{O})\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ complex on concentration in DMF medium at 25°C

Зависимость $\mu = f(C)$ от концентрации для комплексного соединений состава $[\text{ZnL}(\text{H}_2\text{O})\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ представлена на рис. 1. Незначительное изменение концентрации комплекса на значение μ в ДМФА вероятно связано со слабым процессом вытеснения ацидолигандов из внутренней сферы комплексов. В диметилформамидных растворах, когда происходит вытеснение ацидолиганда молекулами растворителя, концентрация комплекса сильно влияет на величину молярной электрической проводимости.

Заключение:

В исследование в первые разработаны оптимальные условия синтеза новых комплексных соединений цинка(II) с 1,5–дифенилпентадиен–2,4–1–оном в водно – этанольной среде при мольном соотношении $\text{Zn:L}=1:1$ и 1:2. Выход составляет 85 мас.% от теоретического для первого соединения.

Кристаллооптическим методом с применением поляризационного микроскопа МИН-8 и набора иммерсионных жидкостей подтверждена чистота и индивидуальность полученных комплексов.

Различными физико-химическими методами определен состав и строение полученных соединений и установлено химический состав комплексных соединений.

На основании элементного химического анализа и ИК-спектроскопии установлено, что молекула 1,5–дифенилпента–2,4–диен–1–он координируется к центральному атому монодентатно через донорные атомы кислорода карбонильной группы, а сульфат-ионы в комплексе состава $[\text{ZnL}(\text{H}_2\text{O})\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ через двух донорных атомов кислорода сульфат ионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Десенко С. М. Азагетероциклы на основе ароматических непредельных кетонов / С. М. Десенко, В.Д.Орлов.-Харьков: Фолио, 1998.- 148 с.

2. Herencia F. Synthesis and anti-inflammatory activity of chalcon derivatives Original Research Article / F. Herencia, M. L. Ferrándiz, A. Ubeda, J. N. Domínguez, J. E. Charris, G. M. Lobo, M. J. Alcaraz // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 1998. - V.8. - I.10. - P. 1169-1174. DOI: 10.1016/S0960-894X(98)00179-6
3. Sivakumar P. M. Synthesis, antimycobacterial activity evaluation, and QSAR studies of chalcone derivatives / P. M. Sivakumar, S. P. Seenivasan, V. Kumar., D. Mukesh // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 2007. - V.17. - I. 6. - P. 1695-1700. DOI: 10.1016/j.bmcl.2006.12.112
4. Matos M. J. Potential pharmacological uses of chalcones: a patent review (from June 2011- 2014) / M. J. Matos, S. V. Rodriguez, E. Uriarte, L. Santana // *Expert opinion. Ther. Patents*.- 2014. - 25(3). - P. 1-16. DOI: 10.1517/13543776.2014.995627
5. Sonmez F. Evaluation of new chalcone derivatives as polyphenol oxidase inhibitors /F. Sonmez, S. Sevmezler, A. Atahan, M. Ceylan, D. Demir, N. Gencer, O. Arslan, M. Kucukislamoglu // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 2011. - V.21. - I.24. -P. 7479-7482. DOI: 10.1016/j.bmcl.2011.09.130
6. Suwito H. Chalcones: Synthesis, structure diversity and pharmacological aspects / HerySuwito, Jumina, Mustofa, Alfinda Novi Kristanti, Ni Nyoman Tri Puspaningsih // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. - 2014. - V. 6(5). - P. 1076-1088.
7. Kamal A. Synthesis and anti-cancer activity of chalcone linked imidazolones / A. Kamal, G. Ramakrishna, P. Raju, A. Viswanath, M. J. Ramaiah, G. Balakishan, M. Pal-Bhadra // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. 2010. - V. 20. - I. 16. - P. 4865-4869. DOI: 10.1016/j.bmcl.2010.06.097
8. Kamal A. Solid-phase synthesis of new pyrrolbenzodiazepine-chalcone conjugates: DNA-binding affinity and anticancer activity // A. Kamal, N. Shankaraiah, S. Prabhakar, Ch. Ratna Reddy, N. Markandeya, K. Laxma Reddy, V. Devaiah. // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 2008. - V. 18. - I. 7. - P. 2434-2439. DOI: 10.1016/j.bmcl.2008.02.047
9. Srinivasan B. Chalcone-based inhibitors against hypoxia-inducible factor 1 -Structure activity relationship studies / B. Srinivasan, T. E. Johnson, C. Xing // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 2011. - V. 21. - I. 1. - P. 555-557. DOI: 10.1016/j.bmcl.2010.10.063
10. Lopez S. N. In vitro antifungal evaluation and structure-activity relationships of new series of chalcone derivatives and synthetic analogues, with inhibitory properties against polymers of the fungal cell wall / S. N. Lopez, M. V. Castelli, S. A. Zacchino, J. N. Dominguez and etc. // *Bioorganic and medicinal chemistry*. - 2001. - V. 9. - P. 1999-2013. DOI: 10.1016/S0968-0896(01)00116-X
11. Rajakumar P. Photophysical properties and dye-sensitized solar cell studies on thiadiazole-triazole-chalcone dendrimers / P. Rajakumar, A. Thirunarayanan, S. Raja, S. Ganesan, P. Maruthamuthu // *Tetrahedron Let.* - 2012. - V. 53. - I. 9 - P. 1139-1143. DOI: 10.1016/j.tetlet.2011.12.098
12. Бобоева Б. Т. Синтез и исследование координационных соединений цинка (II) с парааминобензойной кислотой и ацетазоламидом // Б.Т. Бобоева. Диссертация на соискание ученые степени кандидат химических наук, 2012. – 151 с.
13. Холикова Л. Р. Комплексные соединения меди (II) с производными 1,3,4-тиадиазола и парааминобензосульфида // Л. Р. Холикова. диссерт. на соискание ученые степени кандидат химических наук, 2000. – 148 с.
14. Накамото К. Инфракрасные спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений / К. Накамото. -М.: МИР, 1991. – 536 с.
15. Бобоева Б.Т. Комплексные соединения цинка (II) с дапоксетин гидрохлоридом // Б.Т. Бобоева, Л.Р. Холикова. Мат. респ. научно-теоретической конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «Годам развития села, туризма и народных ремесел (2019-2021)» и «400 – летию Миробида Саййидо Насафи» - Душанбе. 2019. – 75 с.
16. Холикова Л.Р. Синтез и физико-химические исследования координационных соединений меди(II) с ципрофлоксацином // Л.Р. Холикова, Ш.Ё. Холмуродов. Мат. науч.-теор. конф. проф.-препод. состава и сотр. ТНУ посвя. “700-летию Мир Сайид Али Хамадони”, “Году семьи международному десителетию действия «Вода для жизни» 2005-2015годы, Душанбе 2015. - С. 45-46.
17. Холикова Л.Р. Синтез и исследование комплексных соединений меди (II) с транексамовой кислотой в неводной среде // Л.Р. Холикова, Б.Т. Бобоева, М.З. Курбонова, М.М. Акбарова. Матер. респуб. конф. «Актуальные проблемы современной медицины и фармации: Взгляд в будущее» Душанбе (13 ноября 2018г), - Душанбе, 2018. – С. 37- 40.
18. Холикова Л.Р. Некоторые свойства координационных соединений меди (II) с ципрофлоксаном // Л.Р. Холикова, Б.Т. Бобоева, М.М. Акбарова, М.З. Курбонова. Мат. респ. научно- практической конф. Перспективы развития естественных наук, посвященной реализации «Программы развития естественных, математических и технических наук на 2010-2020 годы» и «Государственная программа экологии в Республики Таджикистана на 2009-2019 годы» Душанбе (29 марта 2018г), РТСУ.- Душанбе, 2018. – С.73-76.
19. Холикова Л.Р. Некоторые свойства координационных соединений меди (II) с ципрофлоксаном // Л.Р. Холикова, Б.Т. Бобоева, М.З. Курбонова. Мат. респуб. научно- практической конф. Перспективы развития естественных наук, посвященной реализации «Программы развития естественных, математических и технических наук на 2010-2020 годы» и «Государственная

- программа экологии в Республики Таджикистана на 2009-2019 годы» Душанбе (29 марта 2018г), РТСУ.- Душанбе, 2018. – С.71-73.
20. Бусев А.И. В сб: «Методы определения и анализа редких элементов». Изд-во АН. СССР, 1961. – С. 537-541.
21. Васильев В.П. Аналитическая химия (Физико-химические методы анализа)/ В.П. Васильев. – М.: Высшая школа. 1989. Т. 2. – С. 384.

REFERENCES LITERATURE

- Desenko S.M. Azheterocycles based on aromatic unsaturated ketones / S. M. Desenko, V. D. Orlov.-Kharkov: Folio, 1998.- 148 p.
- Herencia F. Synthesis and anti-inflammatory activity of chalcon derivatives Original Research Article / F.Herencia, M. L. Ferrándiz, A. Ubeda, J. N. Domínguez, J. E. Charris, G. M. Lobo, M. J. Alcaraz // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 1998. - V.8. -I.10. - P. 1169-1174. DOI: 10.1016/S0960-894X(98)00179-6
- Sivakumar P. M. Synthesis, antimycobacterial activity evaluation, and QSAR studies of chalcone derivatives / P. M. Sivakumar, S. P. Seenivasan, V. Kumar., D. Mukesh // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 2007. - V.17. - I. 6. - P. 1695-1700. DOI: 10.1016/j.bmcl.2006.12.112
- Matos M. J. Potential pharmacological uses of chalcones: a patent review (from June 2011- 2014) / M. J. Matos, S. V. Rodriguez, E. Uriarte, L. Santana // *Expert opinion. Ther. Patents*.- 2014. - 25(3). - P. 1-16. DOI: 10.1517/13543776.2014.995627
- Sonmez F. Evaluation of new chalcone derivatives as polyphenol oxidase inhibitors /F. Sonmez, S. Sevmezler, A. Atahan, M. Ceylan, D. Demir, N. Gencer, O. Arslan, M. Kucukislamoglu // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 2011. - V.21. - I.24. -P. 7479-7482. DOI: 10.1016/j.bmcl.2011.09.130
- Suwito H. Chalcones: Synthesis, structure diversity and pharmacological aspects / HerySuwito, Jumina, Mustofa, Alfinda Novi Kristanti, Ni Nyoman Tri Puspaningsih // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. - 2014. - V. 6(5). - P. 1076-1088.
- Kamal A. Synthesis and anti-cancer activity of chalcone linked imidazolones / A. Kamal,G. Ramakrishna, P. Raju, A. Viswanath, M. J. Ramaiah, G. Balakishan, M. Pal-Bhadra // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. 2010. - V. 20. - I. 16. - P. 4865-4869. DOI: 10.1016/j.bmcl.2010.06.097
- Kamal A. Solid-phase synthesis of new pyrrolobenzodiazepine-chalcone conjugates: DNA-binding affinity and anticancer activity // A. Kamal, N. Shankaraiah, S. Prabhakar, Ch. Ratna Reddy, N. Markandeya, K. Laxma Reddy, V. Devaiah. // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 2008. - V. 18. - I. 7. - P. 2434-2439. DOI: 10.1016/j.bmcl.2008.02.047
- Srinivasan B. Chalcone-based inhibitors against hypoxia-inducible factor 1 -Structure activity relationship studies / B. Srinivasan, T. E. Johnson, C. Xing // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. - 2011. - V. 21. - I. 1. - P. 555-557. DOI: 10.1016/j.bmcl.2010.10.063
- Lopez S. N. In vitro antifungal evaluation and structure-activity relationships of new series of chalcone derivatives and synthetic analogues, with inhibitory properties against polymers of the fungal cell wall / S. N. Lopez, M. V. Castelli, S. A. Zacchino, J. N. Dominguez and etc. // *Bioorganic and medicinal chemistry*. - 2001. - V. 9. - P. 1999-2013. DOI: 10.1016/S0968-0896(01)00116-X
- Rajakumar P. Photophysical properties and dye-sensitized solar cell studies on thiadiazole-triazole-chalcone dendrimers / P. Rajakumar, A. Thirunarayanan, S. Raja, S. Ganesan, P. Maruthamuthu // *Tetrahedron Let.* - 2012. - V. 53. - I. 9 - P. 1139-1143. DOI: 10.1016/j.tetlet.2011.12.098
- Boboeva B. T. Synthesis and study of coordination compounds of zinc (II) with para-aminobenzoic acid and acetazolamide // B.T. Boboeva. Dissertation for the degree of candidate of chemical sciences, 2012. - 151 p.
- Kholikova LR Complex compounds of copper (II) with derivatives of 1,3,4-thiadiazole and para-aminobenzosulfamide // LR Kholikova. dissertation. for the degree of candidate of chemical sciences, 2000. - 148 p.
- Nakamoto K. Infrared spectra and Raman spectra of inorganic and coordination compounds / K. Nakamoto. -M.: MIR, 1991. -- 536 p.
- 15 Boboeva B.T. Complex compounds of zinc (II) with dapoxetine hydrochloride // B.T. Boboeva, L.R. Kholikova. Mat. rep. scientific and theoretical conf. faculty and staff of TNU, dedicated to "Years of rural development, tourism and folk crafts (2019-2021)" and "400th anniversary of Mirobid Sayyido Nasafi" - Dushanbe. 2019. -- 75 p.
- Kholikova L.R. Synthesis and physicochemical studies of coordination compounds of copper (II) with ciprofloxacin // L.R. Kholikova, Sh.Y. Kholmurodov. Mat. scientific-theor. conf.prof.-lecturer composition and staff of TNU dedicated to "700th anniversary of Mir Sayyid Aliya Hamadoni", "Year of the Family and the International Decade of Action "Water for Life" 2005-2015, Dushanbe 2015. - pp. 45-46.
- Kholikova L.R. Synthesis and study of complex compounds of copper (II) with tranexamic acid in a non-aqueous medium // L.R. Kholikova, B.T. Boboeva, M.Z.Kurbonova, M.M. Akbarova. Mater. repub. conf. "Actual problems of modern medicine and pharmacy: A look into the future" Dushanbe (November 13, 2018), - Dushanbe, 2018. - pp. 37-40.
- Kholikova L.R. Some properties of coordination compounds of copper (II) with ciprofloxane // L.R. Kholikova, B.T. Boboeva, M.M. Akbarova, M.Z. Kurbonov. Mat. rep. scientific and practical conf. Prospects for the

- development of natural sciences dedicated to the implementation of the "Program for the development of natural, mathematical and technical sciences for 2010-2020" and "State program of ecology in the Republic of Tajikistan for 2009-2019" Dushanbe (March 29, 2018), RTSU.- Dushanbe, 2018. - P.73-76.
18. Kholikova L.R. Some properties of coordination compounds of copper (II) with ciprofloxan // L.R. Kholikova, B.T. Boboeva, M.Z. Kurbonov. Mat. repub. scientific and practical conf. Prospects for the development of natural sciences dedicated to the implementation of the "Program for the development of natural, mathematical and technical sciences for 2010-2020" and "State program of ecology in the Republic of Tajikistan for 2009-2019" Dushanbe (March 29, 2018), RTSU.- Dushanbe, 2018. - P. 71-73.
19. Busev A.I. In Sat: "Methods for the determination and analysis of rare elements." Publishing house of the Academy of Sciences. USSR, 1961 - P. 537-541.
22. Vasiliev V.P. Analytical chemistry (Physicochemical methods of analysis) / V.P. Vasiliev. - M.: Higher school. 1989. Т. 2. - P. 384.

СИНТЕЗ ВА ТАҲҚИҚИ ПАЙВАСТАГИҲОИ КООРДИНАТСИОНИИ РУҲ (II) БО 1,5 – ДИФЕНИЛПЕНТАДИЕН - 2,4 - 1 – ОН

Ин кори илмӣ идомаи таҳқиқоти қаблӣ мебошад, ки ба синтез ва омӯзиши пайвастагиҳои комплекси руҳ (II) бо баъзе лигандҳои биоактивӣ, аз қабилҳои ҳосилаҳои 1,5-дифенилпентадиен-2,4-1-он, бахшида шуда буд. Усулҳои синтези пайвастагиҳои нави координатсионии руҳи (II) бо 1,5 - дифенилпентадиен - 2,4 - 1 – он коркард карда шудааст. Синтези мазкур дар муҳити оби этанол бо таносуби молярии Zn: 1,5 - дифенилпента - 2,4 - диен - 1 - як 1: 1 ва 1: 2 гузаронида шуд. Пайвастагиҳои комплекси бо омезиши шадид ва гармкунии компонентҳои реаксия дар давоми ду то панҷ соат то ба вуҷуд омадани таҳшин ба даст оварда шуданд. Пайвастагиҳои комплекси бадастомада дар об, ДМСО ва дар кислотаҳои минералӣ ба осонӣ ҳал мешаванд, аммо қисман дар этанол, ацетон, толуол ва ДМФА ҳал мешаванд. Ҳосили пайвастагиҳои комплекси бадастомада 65% назариявиро ташкил медиҳад. Дар асоси маълумоти таҳлили химиявии элементӣ, инчунин бо истифода аз усулҳои гуногуни таҳқиқоти физикию химиявӣ таркиб ва сохти пайвастагиҳои комплекси дар шакли саҳт ба даст оварда шуданд. Муайян карда шуд, ки ҳамаи пайвастагиҳои координатсионии синтезшуда ба намӣ ва тағйирёбии ҳарорати хона тобовар мебошанд. Дар асоси таҳлили спектрҳои инфрасурхи пайвастагиҳои синтезкардашуда ва моддаҳои аввала тарзи координатсияшавии лиганди органикӣ ва ацидолигандҳо муайян карда шудааст.

Калидвожаҳо: руҳ, лиганд, синтез, координатсияшавӣ, пайвастагиҳо, чараёнгузаронӣ, ИК-спектр.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА(II) С 1,5 – ДИФЕНИЛ-ПЕНТАДИЕН – 2,4-1-ОНОМ

Настоящая работа является продолжением ранее проводимых исследований, посвященных синтезу и исследованию комплексных соединений цинка(II) с некоторыми биоактивными лигандами таких как, производными 1,5–дифенилпентадиен–2,4–1–оном. Разработаны методики синтеза новых координационных соединений цинка (II) с 1,5 – дифенилпентадиен – 2,4 — 1 –оном. Синтез осуществлен в водно- этанолой среде при мольных соотношениях Zn: 1,5–дифенилпента–2,4–диен–1–он 1:1 и 1: 2. Комплексы были получены при интенсивном перемешивании и нагревании реагирующих компонентов в течении от двух до пяти часов до образования осадка. Полученные соединения хорошо растворяются в воде, ДМСО и в минеральных кислотах, но частично растворяются в этаноле, ацетоне, толуоле и ДМФА. Выход полученных соединений составляет 65% от теоретического. На основе данных элементного химического анализа, а также с применением различных физико-химических методов исследования установлены состав и строение полученных в твердом виде соединений. Установлено, что все синтезированные координационные соединения являются устойчивыми по отношению к влагам и изменения температуры. Сравнением ИК - спектров исходных и синтезированных координационных соединений установлен характер координации органического и ацидолиганда.

Ключевые слова: цинк, лиганд, синтез, координация, соединения, электрическая проводимость, ИК-спектр.

COORDINATES COMPLEXATION ZINC (II) WITH 1,5 – DIFENILPENTADIEN – 2,4 — 1 – ON

This work is a continuation of earlier studies devoted to the synthesis and study of complex compounds of zinc (II) with some bioactive ligands such as derivatives of 1,5-diphenylpentadiene-2,4-1-one. Methods for the synthesis of new coordination compounds of zinc (II) с 1,5 - diphenylpentadiene - 2,4 — 1 –one have been developed. The synthesis was carried out in an aqueous ethanol medium at molar ratios of Zn: 1,5 – diphenylpenta – 2,4 – diene – 1 – one 1: 1 and 1: 2. The complexes were obtained with vigorous stirring and heating of the reacting components for two to five hours until a precipitate was formed. The obtained compounds are readily soluble in water, DMSO and in mineral acids, but partially soluble in ethanol, acetone, toluene, and DMF. The yield of the obtained compounds is 65% of theoretical. Based on the data of elemental chemical analysis, as well as using various physical and chemical research methods, the composition and structure of the compounds obtained in solid form have been established. It was found that all synthesized coordination compounds are stable against moisture and room temperature changes. Comparison of the IR spectra of the initial and synthesized coordination compounds

established the nature of the coordination of the organic and acidoligands.

Keywords: zinc, ligands, coordination, coordinate, IR-spectroscopy

Маълумот дар бораи муаллифон: *Бобоева Барфӣ Тоировна* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи химияи ғайриорганикӣ. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** Barfi70@mail.ru. Тел.: (+992) 919 55 32 11

Холиқова Лутфия Розиковна – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи методикаи таълими химия. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** Lutfiya69@mail.ru. Тел.: (+992) 987 11 71 30

Курбонова Мукадас Завайдовна – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои химия, мудири кафедраи методикаи таълими химия. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** mukadas_qi75@mail.ru. Тел.: (+992) 985 15 42 33

Муродов Диловар Сайфуллоевич – Донишкадаи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Айни, номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи химияи органикӣ ва биология. Суроға: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 121. Тел.: (+992) 987 51 40 47

Сведения об авторах: *Бобоева Барфи Тоировна* – Таджикский национальный университет, кандидат химический наук, доцент кафедры неорганической химии. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект. Рудаки, 17. **E-mail:** Barfi70@mail.ru. Тел.: (+992) 919 55 32 11

Холиқова Лутфия Розиковна – Таджикский национальный университет, кандидат химический наук, доцент кафедры методики преподавания химии. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект. Рудаки, 17. **E-mail:** Lutfiya69@mail.ru. Тел.: (+992) 987 11 71 30

Курбонова Мукадас Завайдовна – Таджикский национальный университет, к.х.н., заведующая кафедрой методика преподавания химии. **E-mail:** mukadas_qi75@mail.ru. Тел.: (+992) 985 154 233

Муродов Диловар Сайфуллоевич – Таджикский Государственный педагогический институт им. С.Айни, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии и биологии. Адрес: 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект. Рудаки, 121. Тел.: (+992) 987 51 40 47

Information about the authors: *Boboeva Barfi Toirovna* – Tajik National University, candidate of chemical sciences, Associate Professor of the Department of inorganic chemistry. Address: 734025. Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** barfi 70@mail.ru. **Phone:** (+992) 919 55 32 11

Kholikova Lutfiya Rozikovna – Tajik National University, candidate of chemical sciences, Associate Professor of the Department to teach of chemistry. Address: 734025. Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** lutfiya69@mail.ru. **Phone:** (+992) 987 11 71 30

Kurbonova Mukadas Zavaydovna – Tajik National University, Ph.D., Associate Professor, Head. Department of teaching chemistry. Address: 734025 Republic of Tajikistan Dushanbe Avenue Rudaki, 17. **E-mail:** mukadas_qi75@mail.ru. **Phone:** (+992) 985 15 42 33

Murodov Dilovar Saifulloevich – Tajik state Pedagogical University, candidate of chemical sciences, Associate docent of the Department to teach of chemistry and biology. Address: 734025. Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121. **Phone:** (+992) 987 51 40 47.

УДК: 547.8

ПОЛУЧЕНИЕ -2-АРИЛ -7-ТРИФТОРМЕТИЛ-5- ОКСО-5Н -1,3,4-ТИАДИАЗОЛО
[3,2-а] ПИРИМИДИНА

^{1,2}Мамадшоева С. С., ³Джафари Б., ¹Халикова М. Дж., ¹Наимов И. З., ⁴Самихов Ш. Р.,
³Лангер П., ¹Сафаров С. Ш.

¹Институт химии им. В. И. Никитина НАНТ

²Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды Центральной
Азии (Душанбе)

³Институт органической химии университета Росток, Германия

⁴Таджикский национальный университет

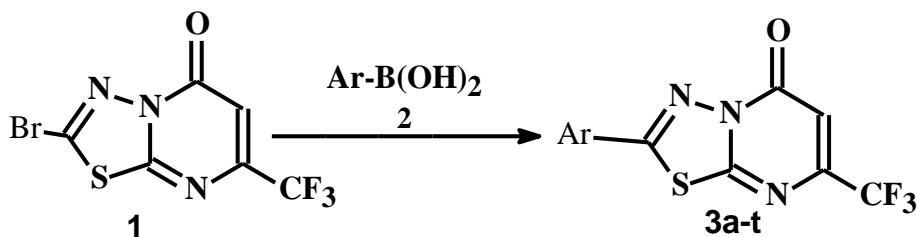
Введение: Тиадиазолпиримидины обладают широким спектром биологической активности, как ингибиторы отложенных тромбоцитов для лечения или профилактики тромбических расстройств [1, с. 1448], противовоспалительных [2, с. 211], противораковых [3, с. 2047], [4, с. 1923], [5, с. 2691], [6, с. 741], противовирусных [7, с. 4], [8, с. 311]. Как ингибиторы щелочных фосфатаз (APs) [10, с. 177], пирофосфатаз нуклеотида (NPPs) [9, с. 107556], [11, с. 689] и дипептидил пептидаз-4 [12, с. 107326].

Существуют многочисленные методы и подходы к синтезу тиадиазолпиримидоны: исходя из 2-амино-5R-1,3,4-тиадиазола с ацетоуксусным эфиром [13, с. 1871], [14, с. 1874], [15, с. 1308] или дикетеном [16, с. 506], [17, с. 196], [18, с. 637], [19, с. 1105], [20, с. 270].

2-Бром-7-трифторметил-7Н-7-оксо-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пирими-дин был получен циклоконденсации 5-бromo- 2-амино- 1,3,4-тиадиазола и трифторметилацетоуксусного эфира в среде полифосфорной кислоты. Мы вовлекли соединение **1** в реакции Сузуки — Мияуры, используя Pd(OAc)₂ в присутствии бидентального лиганда Xantphos. При этом различные арилборные кислоты реагировали с **2**, давая от умеренного до превосходного выхода продуктов сочетания **3** (Схема 1).

Схема 1. Синтез 2-Арил-7-трифторметил-7Н-7-оксо-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин по Сузуки - Мияуры.

Scheme 1. Synthesis of 2-Aryl-7-trifluoromethyl-thiadiazolopyrimidone by Suzuki–Miyaura



Вывод: 2-Бром-7-трифторметил-7Н-7-оксо-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин(**1**) использовался в качестве шаблона и вовлечен в реакцию палладий кросс-сочетания Сузуки – Мияуры с различными арилборными кислотами (**2**), как результат были получены серий 2-арилзамещенных-7-трифторметил-7Н-7-оксо-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидина(**3a-t**) с умеренными (35%) и очень хорошими (90%) выходами заменяя бром во втором положении.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исходные соединения для синтеза и растворители были доступны в торговли с чистотой более 99.5% основного компонента. Для тонкослойной хроматографии (ТСХ) были использованы пластинки марки Merck Silica 60 F254 над поверхности алюминия от фирмы Macherey– Nagel. Для хроматографической колонны был использован силикагель марки Fluka silica gel 60 (0.063 – 0.200 мм, 70–320 меш) от фирмы Fluka.

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C были записаны на инструментах Bruker 300, 400, Advance 600, AXM 400 Varian Mercury 400. В качестве внутреннего стандарта было использовано тетраметилсилан ($d = 0/00$ м.д.) Для калибрования ЯМР сигналов были использованы стандартные сигналы хлороформа (7.260 м.д. для ^1H , 77.160 м.д. для ^{13}C). Для обозначения сигналов, были использованы следующие сокращения: с (синглет), д (дублет), т (триплет), дд (двойной дублет) ддд (двойной двойной дублет), пт (псевдо триплет), к (квартет), п (пентет), гепт (гептет). Инфракрасные (ИК) спектры были записаны на спектрометре марки Bruker ALPHA-P, используя метод ослабленное полное отражение (attenuated total reflectance). Для обозначения сигналов спектров ИК, были использованы следующие знаки сокращения: сл (слабый), ср (средний) и сил (сильный). Рентгеноструктурный анализ монокристаллов был выполнен на Bruker-Nonius Apex X8 CCD-diffractometer.

Масс спектры были записаны на приборе Finigal MAT 95, Масс спектр высокого разрешения была измерена на приборе QNOF ULTIMA 3, Thermo Electron LCQ Deca (San Jose, CA) ESI технологии. Элементный состав синтезированных соединений был выполнен в микроаналитических лабораториях университетов Майнца и Ростка.

1. Синтез 2-бром-7-трифторметил-5Н-5-оксо-1,3,4-тиадиазоло [3,2-а]пиримидина (1)

Для синтеза (1) были использованы подобные методики [13, с. 1871], [14, с. 1874], [15, с. 1308]. 2-Бromo- 5 - амино- 1,3,4 -тиадиазол (1.0 эквивалент, 0,013 ммоль), был растворён в 15 г полифосфорной кислоте (ПФК или PPA), потом было добавлено 2,4 мл 4,4,4-трифторацетоуксусного эфира по каплям в течение 15 минут. Реакционную массу подогревали в течение 8 ч. После охлаждения до комнатной температуры, к реакционной смеси, добавляли воду со льдом и выпавшие осадки были отфильтрованы и высушены.

2.Общая методика получения 2-Арил-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-онов (3a-t)

Смесь 2-Бromo-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-она(1) (1.0 экв., 0.335 ммоль), арилбороновая кислота(2) (1.1 экв.), ацетат палладия(II) (0.1 экв.), Хантphos (0.2 экв.) и карбоната калия (2.0 экв.) была подвергнута сильным перемешиваниям и нагреваниям в сухом 1,4-диоксане (2 мл) при 100 °С в течение 16 часов. После охлаждения до комнатной температуры реакционную смесь разбавили водой, экстрагировали этил ацетатом. Органический слой был высушен безводным сульфатом натрия, и растворитель был выпарен. Твёрдое вещество было очищено хроматографической колонкой над силикагелем (ЭА: гептан).

2-Фенил-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3a)

Получен из 1 и фенил бороновой кислоты. Выход 90 мг (90%), как твёрдое оранжевое вещество с Т. пл. = 186 – 188°С. ЯМР ^1H (CDCl_3), δ , м. д., Гц: 7.98 (д, $^3\text{J} = 7.85$, 2H, CH_{Ar}), 7.53-7.67 (м, 3H, CH_{Ar}), 6.86 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$). ЯМР ^{13}C (CDCl_3), δ , м. д., Гц.: 163.42 (C_{Ar}), 160.84 (C_{Ar}), 156.17 (C_{Ar}), 151.10 (к, $^2\text{J} = 36.30$, C-CF₃), 130.69 (C_{Ar}), 129.75 (CH_{Ar}), 128.04 (CH_{Ar}), 127.91 (CH_{Ar}), 120.41 (к, $^1\text{J} = 275.10$, CF₃), 107.79 (к, $^3\text{J} = 3.05$, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$). ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3087 (сл), 3027 (сл), 2920 (сл), 1701 (сил), 1511 (сил), 1417 (сил), 1278 (сил), 1137 (сил), 1073 (ср), 1018 (ср), 998 (сл), 844 (сил), 761 (сил), 715 (сл), 691 (ср), 605 (сил). Масс спектр FD MS m/z (%): 297 (100), 278(7), 180(12), 166(88), 139(7), 121(53), 105(17), 99(34), [M^+]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{ON}_3\text{F}_3\text{S}$: 297.01782, найден: 297.01739. Элементный состав вычислен в % для $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{ON}_3\text{F}_3\text{S}$: С, 48.49; Н, 2.03; N, 14.14, найден в %: С, 48.28; Н, 2.19; N, 14.59.

2-(4-Метилфенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3b)

Получен из 1 и толилбороновой кислоты. Выход 85 мг (81%), как твёрдое оранжевое вещество с Т. пл. = 230 – 231°С. ЯМР ^1H (CDCl_3), δ , м. д., Гц: 7.86 (м, $^3\text{J} = 8.25$, 2H, CH_{Ar}), 7.35 (д, $^3\text{J} = 8.01$, 2H, CH_{Ar}), 6.85 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$), 2.46 (с, 3H, CH_3). ЯМР ^{13}C (CDCl_3), δ , м. д., Гц.: 163.43 (C_{Ar}), 160.91 (C_{Ar}), 156.22 (C_{Ar}), 151.04 (к, $^2\text{J} = 35.62$, C-CF₃), 144.81 (C_{Ar}), 130.42 (C_{Ar}), 127.97 (CH_{Ar}), 125.19 (CH_{Ar}), 120.44 (к, $^1\text{J} = 275.10$, CF₃), 107.70 (к, $^3\text{J} = 3.08$,

CH_{Гет-Ар}), 21.87 (-CH₃). ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3085 (сл), 3035 (сл), 2959 (сл), 1698 (сил), 1511 (сил), 1495 (сил), 1415 (сп), 1276 (сп), 1139 (сп), 1028 (сп), 951 (сл), 867 (сп), 845 (сп), 816 (сил), 699 (сп), 605 (сп). Масс спектр FD MS m/z (%): 311 (100), 292(7), 180(9), 166(81), 119(24), 118(23), 117(14), 91(23), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен в % для C₁₃H₈ON₃F₃S: 311.03347, найден: 311.03312. Элементный состав вычислен для C₁₃H₈ON₃F₃S: C, 50.16; H, 2.59; N, 13.50, найдено в %: C, 50.30; H, 2.54; N, 13.30.

2-(2-Метилфенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3с)

Получен из **1** и толилбороновой кислоты. Выход 78 мг (75%) как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 132 – 133°C. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ , м. д., Гц: 7.65 (д, ³J = 8.49, 1H, CH_{Ар}), 7.49 (дд, ³J = 7.36, ⁴J = 1.12, 1H, CH_{Ар}), 7.37-7.41 (м, 2H, CH_{Ар}), 6.87 (с, 1H, CH_{Гет-Ар}), 2.68 (с, 3H, CH₃). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ , м. д., Гц.: 160.51 (C_{Ар}), 160.48 (C_{Ар}), 155.78 (C_{Ар}), 150.78 (к, ²J = 35.64, C-CF₃), 137.95 (C_{Ар}), 132.20 (C_{Ар}), 132.05 (CH_{Ар}), 130.04 (CH_{Ар}), 126.68 (CH_{Ар}), 126.58 (CH_{Ар}), 120.10 (к, ¹J = 275.10, CF₃), 107.32 (к, ³J = 3.29, CH_{Гет-Ар}), 21.38 (CH₃). ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3082 (сл), 2960 (сл), 2919 (сл), 1701 (сил), 1601 (сл), 1510 (сил), 1408 (сп), 1383 (сл), 1272 (сил), 1139 (сп), 1093 (сл), 1059 (сл), 957 (сл), 846 (сп), 758 (сп), 700 (сп), 652 (сл), 559 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 311 (100), 252(10), 180(9), 166(11), 149(45), 148(49), 134(24), 117(17), 116(55), 91(20), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для C₁₃H₈ON₃F₃S: 311.03347, найдено: 311.03334. Элементный состав вычислен в % для C₁₃H₈ON₃F₃S: C, 50.16; H, 2.59; N, 13.50; S, 13.50, найдено в %: C, 50.65; H, 2.25; N, 13.96.

2-(4-Этилфенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3д)

Получен из **1** и 4-этилфенил бороновой кислоты. Выход 72 мг (66%) как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 205 – 206°C. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ , м. д., Гц: 7.88 (д, ³J = 8.31, 2H, CH_{Ар}), 7.37 (д, ³J = 8.31, 2H, CH_{Ар}), 6.85 (с, 1H, CH_{Гет-Ар}), 2.74 (к, ³J = 7.59, 2H, -CH₂), 1.28 (т, ³J = 7.60, 3H, CH₃). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ , м. д., Гц.: 163.63 (C_{Ар}), 161.13 (C_{Ар}), 156.43 (C_{Ар}), 151.23 (к, ²J = 35.75, C-CF₃), 151.18 (C_{Ар}), 129.46 (C_{Ар}), 128.30 (CH_{Ар}), 125.57 (CH_{Ар}), 120.64 (к, ¹J = 275.01, CF₃), 107.89 (к, ³J = 3.17, CH_{Гет-Ар}), 29.32 (CH₂), 15.39 (CH₃). ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3032 (сл), 2976 (сл), 2918 (сл), 1697 (сил), 1514 (сил), 1497 (сил), 1412 (сп), 1302 (сл), 1274 (сил), 1185 (сил), 1143 (сил), 1049 (сл), 1027 (сп), 1012 (сл), 866 (сп), 841 (сп), 697 (сп), 609 (сп), 535 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 325 (100), 166(65), 149(17), 148(9), 134(32), 133(20), 132(23), 116(19), 90(5), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен в % для C₁₄H₁₀ON₃F₃S: 325.04912, найдено в %: 325.04890. Элементный состав вычислен для C₁₄H₁₀ON₃F₃S: C, 51.69; H, 3.10; N, 12.92, найдено: C, 51.17; H, 3.22; N, 12.94.

2-(3,5-Диметилфенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3е)

Получен из **1** и 3,5-диметилфенил бороновой кислоты. Выход 66 мг (60%) как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 240 – 241°C. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ , м. д., Гц: 7.58 (с, 2H, CH_{Ар}), 7.24 (с, 1H, CH_{Ар}), 6.85 (с, 1H, CH_{Гет-Ар}), 2.40 (с, 6H, CH₃). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ , м. д., Гц.: 163.43 (C_{Ар}), 161.26 (C_{Ар}), 156.25 (C_{Ар}), 151.05 (к, ²J = 35.76, C-CF₃), 139.73 (C_{Ар}), 135.49 (C_{Ар}), 127.67 (CH_{Ар}), 125.71 (CH_{Ар}), 120.43 (к, ¹J = 275.10, CF₃), 107.66 (к, ³J = 3.16, CH_{Гет-Ар}), 21.21 (CH₃). ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3042 (сл), 2962 (сл), 2920 (сл), 1713 (сил), 1506 (сил), 1480 (сл), 1413 (сл), 1380 (сл), 1278 (сил), 1149 (сил), 1074 (сп), 1001 (сл), 884 (сп), 846 (сп), 763 (сп), 707 (сп), 684 (сил), 623 (сл), 558 (сл), 531 (сп). Масс спектр FD MS m/z (%): 325 (100), 268(15), 166(50), 149(17), 133(18), 132(21), 131(13), 122(36), 121(14), 107(30), 91(9), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для C₁₄H₁₀ON₃F₃S: 325.04912, найден: 325.04888. Элементный состав вычислен в % для C₁₄H₁₀ON₃F₃S: C, 51.69; H, 3.10; N, 12.92, найдено в %: C, 51.20; H, 3.56; N, 12.64.

2-(3,4-Диметилфенил)- 7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3f)

Получен из **1** и 3,4-диметилфенил бороновой кислоты. Выход 69 мг (63%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 190 – 191°C. ЯМР ^1H (CDCl_3), δ , м. д., Гц: 7.79 (с, 1H, CH_{Ar}), 7.65 (д, $^3\text{J} = 7.50$, 1H, CH_{Ar}), 7.29 (д, $^3\text{J} = 7.89$, 1H, CH_{Ar}), 6.85 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$), 2.36 (с, 6H, CH_3). ЯМР ^{13}C (CDCl_3), δ , м. д., Гц.: 163.37 (C_{Ar}), 161.03 (C_{Ar}), 156.19 (C_{Ar}), 150.93 (к, $^2\text{J} = 35.53$, C- CF_3), 143.52 (C_{Ar}), 138.46 (C_{Ar}), 130.79 (C_{Ar}), 128.63 (CH_{Ar}), 125.62 (CH_{Ar}), 125.35 (CH_{Ar}), 120.36 (к, $^1\text{J} = 275.10$, CF_3), 107.56 (к, $^3\text{J} = 3.29$, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$), 20.16 (CH_3), 19.68 (CH_3). ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3034 (сл), 2981 (сл), 2849 (сл), 1705 (сил), 1512 (сил), 1493 (сп), 1413 (сп), 1313 (сл), 1273 (сил), 1189 (сп), 1135 (сил), 1074 (сп), 1001 (сл), 892 (сп), 844 (сил), 827 (сп), 791 (сл), 705 (сил), 690 (сил), 624 (сп), 536 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 325 (100), 166(62), 149(25), 148(10), 134(11), 133(25), 132(29), 116(11), 105(7), 91(3), $[\text{M}^+]$. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{ON}_3\text{F}_3\text{S}$: 325.04912, найден: 325.04891. Элементный состав вычислен в % для $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{ON}_3\text{F}_3\text{S}$: С, 51.69; Н, 3.10; N, 12.92, найден в %: С, 52.01; Н, 3.16; N, 12.87.

2-(4-Метоксифенил)- 7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3g)

Получен из **1** и 4-метоксифенил бороновой кислоты. Выход 86 мг (78%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 210 – 212°C. ЯМР ^1H (CDCl_3), δ , м. д., Гц: 7.91 (д, $^3\text{J} = 8.88$, 2H, CH_{Ar}), 7.82 (д, $^3\text{J} = 8.88$, 2H, CH_{Ar}), 6.83 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$), 3.90 (с, 3H, OCH_3). ЯМР ^{13}C (CDCl_3), δ , м. д., Гц.: 163.92 (C_{Ar}), 163.30 (C_{Ar}), 160.34 (C_{Ar}), 156.15 (C_{Ar}), 150.84 (к, $^2\text{J} = 36.19$, C- CF_3), 129.78 (C_{Ar}), 120.21 (CH_{Ar}), 120.36 (к, $^1\text{J} = 275.25$, CF_3), 115.04 (CH_{Ar}), 107.56 (к, $^3\text{J} = 3.17$, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$), 55.75 (OCH_3). ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3079 (сл), 3021 (сл), 2957 (сл), 2848 (сл), 1710 (сил), 1601 (сил), 1514 (сп), 1498 (сп), 1437 (сп), 1320 (сп), 1308 (сп), 1276 (сп), 1151 (сил), 1073 (сп), 1019 (сп), 963 (сл), 858 (сп), 838 (сил), 782 (сп), 695 (сп), 624 (сл), 604 (сил), 529 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 327 (100), 166(38), 151(26), 136(13), 135(31), 134(22), 133(25), 108(16), 103(3), 93(4), $[\text{M}^+]$. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для $\text{C}_{13}\text{H}_8\text{O}_2\text{N}_3\text{F}_3\text{S}$: 327.02838, найден: 327.02848. Элементный состав вычислен в % для $\text{C}_{13}\text{H}_8\text{O}_2\text{N}_3\text{F}_3\text{S}$: С, 47.71; Н, 2.46; N, 12.84, найден в %: С, 47.24; Н, 2.10; N, 13.28.

2-(3-Метоксифенил)- 7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3h)

Получен из **1** и 3-метоксифенил борная кислота. Выход 72 мг (65%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 151 – 152°C. ЯМР ^1H (CDCl_3), δ , м. д., Гц: 7.44-7.53 (м, 3H, CH_{Ar}), 7.15-7.17 (м, 1H, CH_{Ar}), 6.86 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$), 3.90 (с, 3H, OCH_3). ЯМР ^{13}C (CDCl_3), δ , м. д., Гц.: 163.56 (C_{Ar}), 160.95 (C_{Ar}), 160.66 (C_{Ar}), 156.35 (C_{Ar}), 151.26 (к, $^2\text{J} = 36.14$, C- CF_3), 130.96 (C_{Ar}), 129.21 (CH_{Ar}), 120.88 (CH_{Ar}), 120.55 (к, $^1\text{J} = 275.09$, CF_3), 120.23 (CH_{Ar}), 112.40 (CH_{Ar}), 107.91 (к, $^3\text{J} = 3.30$, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$), 56.06 (OCH_3). ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3055 (сл), 2943 (сл), 2917 (сл), 1696 (сил), 1608 (сл), 1506 (сил), 1486 (сил), 1444 (сл), 1417 (сил), 1371 (сл), 1298(сл), 1276 (сп), 1227 (сп), 1170 (сп), 1133 (сил), 1076 (сп), 1025 (сп), 991 (сл), 876 (сп), 784 (сил), 743 (сл), 686 (сил), 626 (сл), 564 (сл), 531 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 327 (100), 166(76), 151(26), 136(11), 135(25), 134(16), 133(27), 108(26), 103(9), 93(5), $[\text{M}^+]$. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для $\text{C}_{13}\text{H}_8\text{O}_2\text{N}_3\text{F}_3\text{S}$: 327.02838, найден: 327.02805. Элементный состав вычислен в % для $\text{C}_{13}\text{H}_8\text{O}_2\text{N}_3\text{F}_3\text{S}$: С, 47.71; Н, 2.46; N, 12.84, найден в %: С, 47.41; Н, 2.59; N, 12.54.

2-(2-Метоксифенил)- 7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3i)

Получен из **1** и 2-метоксифенил бороновой кислоты. Выход 50 мг (45%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 151 – 152°C. ЯМР ^1H (CDCl_3), δ , м. д., Гц: 8.47 (дд, $^3\text{J} = 7.95$, $^4\text{J} = 1.59$, 1H, CH_{Ar}), 7.83 (дд, $^3\text{J} = 7.36$, $^4\text{J} = 1.69$, 1H, CH_{Ar}), 7.56-7.61 (м, 1H, CH_{Ar}), 7.12-7.18 (м, 1H, CH_{Ar}), 6.82 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{Гет-Ар}}$), 4.06 (с, 3H, OCH_3). ЯМР ^{13}C (CDCl_3), δ , м. д., Гц.:

164.36 (C_{Аp}), 157.49 (C_{Аp}), 156.45 (C_{Аp}), 151.21 (к, ²J = 36.16, C-CF₃), 137.00 (C_{Аp}), 134.88 (C_{Аp}), 133.05 (CH_{Аp}), 128.95 (CH_{Аp}), 121.87 (CH_{Аp}), 120.62 (к, ¹J = 275.46, CF₃), 111.84 (CH_{Аp}), 106.63 (к, ³J = 3.02, CH_{Гет-Аp}), 56.24 (ОСН₃). ИК-спектр, ν, см⁻¹: 3458 (сл), 3351 (сл), 3066 (сл), 3025 (сл), 2981 (сл), 1717 (сил), 1599 (сп), 1520 (сп), 1499 (сил), 1465 (сил), 1434 (сп), 1418 (сп), 1366 (сл), 1312 (сл), 1285 (сил), 1276 (сил), 1204 (сп), 1160 (сп), 1130 (сп), 1078 (сп), 1021 (сп), 1002 (сп), 697 (сл), 851 (сп), 754 (сил), 701 (сил), 609 (сп), 526 (сп). Масс спектр FD MS m/z (%): 327 (100), 326(16), 308(11), 209(20), 180(19), 166(38), 164(15), 151(10), 150(17), 136(5), 135(13), 134(10), 133(16), 132(28), 122(5), 121(13), 120(10), 119(99), 118(13), 108(26), 107(15), 104(11), 103(6), 93(8), 91(9), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для C₁₃H₈O₂N₃F₃S: 327.02838, найден: 327.02816 Элементный состав вычислен в % для C₁₃H₈O₂N₃F₃S: C, 47.71; H, 2.46; N, 12.84, найден в %: C, 47.35; H, 2.69; N, 13.04.

2-(3,5-Диметоксифенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло-[3,2-а]пиримидин-5-он (3j)

Получен из **1** и 3,5-диметоксифенил бороновой кислоты. Выход 106 мг (88%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 205 – 206°С. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ, м. д., Гц: 7.05 (д, ⁴J = 2.16, 2H, CH_{Аp}), 6.85 (с, 1H, CH_{Гет-Аp}), 6.67 (т, ⁴J = 2.16, 1H, CH_{Аp}), 3.87 (с, 6H, ОСН₃). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ, м. д., Гц.: 163.40 (C_{Аp}), 161.65 (C_{Аp}), 160.86 (C_{Аp}), 156.21 (C_{Аp}), 151.11 (к, ²J = 36.30, C-CF₃), 129.49 (C_{Аp}), 120.41 (к, ¹J = 275.20, CF₃), 107.75 (к, ³J = 3.30, CH_{Гет-Аp}), 105.96 (CH_{Аp}), 105.62 (CH_{Аp}), 56.00 (ОСН₃). ИК-спектр, ν, см⁻¹: 3076 (сл), 2963 (сл), 2917 (сл), 2844 (сл), 1711 (сил), 1591 (сил), 1513 (сил), 1456 (сп), 1427 (сп), 1411 (сл), 1390 (сп), 1350 (сп), 1316 (сл), 1279 (сил), 1207 (сил), 1140 (сил), 1074 (сл), 1061 (сп), 1029 (сп), 988 (сл), 928 (сл), 886 (сл), 859 (сп), 768 (сп), 708 (сп), 676 (сп), 537 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 357 (100), 274(28), 181(17), 166(57), 165(34), 164(17), 163(63), 138(11), 123(10), 103(5), 91(2), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для C₁₄H₁₀O₃N₃F₃S: 357.03895, найден: 357.03863. Элементный состав вычислен в % для C₁₄H₁₀O₃N₃F₃S: C, 47.06; H, 2.82; N, 11.76, найден в %: C, 47.35; H, 2.59; N, 11.54.

2-(2,5-Диметоксифенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло-[3,2-а]пиримидин-5-он (3к)

Получен из **1** и 2,5-диметоксифенил бороновой кислоты. Выход 42 мг (35%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 72 – 73°С. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ, м. д., Гц: 8.16 (д, ³J = 3.19, 1H, CH_{Аp}), 7.40 (дд, ³J = 9.13, ⁴J = 3.10, 1H, CH_{Аp}), 7.29 (с, 1H, CH_{Аp}), 7.08 (с, 1H, CH_{Гет-Аp}), 4.27 (с, 3H, ОСН₃), 4.12 (с, 3H, ОСН₃). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ, м. д., Гц.: 164.36 (C_{Аp}), 156.37 (C_{Аp}), 154.24 (C_{Аp}), 151.13 (к, ²J = 35.99, C-CF₃), 122.36 (C_{Аp}), 120.74 (C_{Аp}), 119.05 (к, ¹J = 275.64, CF₃), 118.57 (C_{Аp}), 116.98 (CH_{Аp}), 113.41 (CH_{Аp}), 111.21 (CH_{Аp}), 106.52 (к, ³J = 3.07, CH_{Гет-Аp}), 56.61 (ОСН₃), 56.27 (ОСН₃). ИК-спектр, ν, см⁻¹: 3447 (сл), 3353 (сл), 3067 (сл), 2983 (сл), 2946 (сл), 2844 (сл), 1714 (сил), 1612 (сл), 1581 (сл), 1504 (сил), 1478 (сп), 1417 (сп), 1337 (сл), 1278 (сил), 1239 (сл), 1222 (сл), 1205 (сп), 1180 (сл), 1166 (сл), 1155 (сл), 1133 (сл), 1079 (сп), 1006 (сл), 868 (сл), 809 (сп), 701(сп). Масс спектр FD MS m/z (%): 357 (100), 342(16), 338(8), 194(10), 180(15), 166(18), 163(21), 162(24), 150(11), 149(16), 148(36), 123(14), 120(11), 109(3), 108(3), 93(5), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для C₁₄H₁₀O₃N₃F₃S: 357.03895, найден: 357.03868. Элементный состав вычислен в % для C₁₄H₁₀O₃N₃F₃S: C, 47.06; H, 2.82; N, 11.76, найден в %: C, 46.84; H, 3.10; N, 11.84.

2-(4-Этоксифенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]-пиримидин-5-он (3l)

Получен из **1** и 4-этоксифенил бороновой кислоты. Выход 102 мг (90%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 198 – 199°С. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ, м. д., Гц: 7.89 (д, ³J = 8.87, 2H, CH_{Аp}), 7.00 (д, ³J = 8.68, 2H, CH_{Аp}), 6.83 (с, 1H, CH_{Гет-Аp}), 4.12 (к, ³J = 6.99, 2H, ОСН₂), 1.46 (т, ³J = 7.06, 3H, СН₃). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ, м. д., Гц.: 163.44 (C_{Аp}), 163.39 (C_{Аp}), 160.47 (C_{Аp}), 156.23 (C_{Аp}), 150.90 (к, ²J = 36.05, C-CF₃), 129.85 (C_{Аp}), 120.45 (к, ¹J = 275.10, CF₃), 120.05 (C_{Аp}), 116.15 (C_{Аp}), 115.69 (CH_{Аp}), 115.52 (CH_{Аp}), 107.62 (к, ³J = 3.18, CH_{Гет-Аp}), 64.23

(OCH₂), 14.72 (CH₃). ИК-спектр, ν , см⁻¹: 2978 (сл), 2920 (сл), 2849 (сл), 1714 (сил), 1602 (сил), 1574 (сл), 1512 (сп), 1493 (сил), 1472 (сп), 1415 (сп), 1394 (сл), 1315 (сл), 1304 (сл), 1276 (м), 1260 (сил), 1203 (сл), 1175 (м), 1143 (сил), 1119 (сл), 1075 (сп), 1027 (сп), 921 (сп), 842 (сп), 812 (сл), 699 (сил), 605 (сил). Масс спектр FD MS m/z (%): 341 (100), 313(24), 194(5), 180(15), 166(63), 148(11), 137(35), 121(22), 120(21), 119(25), 108(10), 93(3). [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI, M + H) вычислен для C₁₄H₁₀O₂N₃F₃S: 342.05186, найден: 342.05235, (ESI, M + Na) вычислен для C₁₄H₁₀O₂N₃F₃S: 364.0338, найден: 364.03432. Элементный состав вычислен в % для C₁₄H₁₀O₂N₃F₃S: C, 49.27; H, 2.95; N, 12.31, найден в %: C, 49.81; H, 3.02; N, 11.88.

2-(2-Этоксифенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3м)

Получен из **1** и 2-этоксифенил бороновой кислоты. Выход 46 мг (40%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 87 – 88°C. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ , м. д., Гц: 7.84 (дд, ³J = 7.29, ⁴J = 1.65, 1H, CH_{Ar}), 7.39-7.45 (м, 1H, CH_{Ar}), 7.02 (т, ³J = 7.34, 1H, CH_{Ar}), 6.89 (д, ³J = 8.34, 1H, CH_{Ar}), 6.09 (с, 1H, CH_{Гет-Ар}), 4.15 (к, ³J = 6.99, 2H, OCH₂), 1.49 (т, ³J = 6.99, 3H, CH₃). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ , м. д., Гц.: 163.98 (C_{Ar}), 160.98 (C_{Ar}), 160.26 (C_{Ar}), 156.32 (C_{Ar}), 150.97 (к, ²J = 36.61, C-CF₃), 136.81 (CH_{Ar}), 134.75 (C_{Ar}), 132.85 (CH_{Ar}), 121.16 (CH_{Ar}), 119.37 (к, ¹J = 274.66, CF₃), 110.90 (CH_{Ar}), 106.48 (к, ³J = 3.66, CH_{Гет-Ар}), 63.99 (OCH₂), 14.90 (CH₃). ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3443 (сл), 3354 (сил), 3068 (сл), 2987 (сл), 2918 (сл), 2849 (сл), 1708 (сп), 1598 (сил), 1573 (сп), 1504 (сл), 1473 (сп), 1448 (сил), 1394 (сил), 1343 (сил), 1292 (сп), 1279 (сп), 1229 (сил), 1164 (сп), 1155(сп), 1107 (сил), 1035 (сил), 976 (сл), 925 (сп), 776 (сп), 756 (сил), 674 (сил), 609 (сп), 542 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 341 (79), 327(11), 326(71), 322(13), 313(100), 267(16), 244(18), 180(34), 166(99), 148(14), 147(11) 146(56), 145(11), 137(32), 131(15), 121(37), 120(29), 109(17), 108(39), 103(6), 91(20), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI, M + H) вычислен для C₁₄H₁₀O₂N₃F₃S: 342.05186, найден: 342.05207, (ESI, M + Na) вычислен для C₁₄H₁₀O₂N₃F₃S: 364.0338, найден: 364.03397. Элементный состав вычислен в % для C₁₄H₁₀O₂N₃F₃S: C, 49.27; H, 2.95; N, 12.31, найден в %: C, 49.61; H, 2.71; N, 12.71.

2-(2-Фторфенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пи-римидин-5-он (3п)

Получен из **1** и 2-фторфенил бороновой кислоты. Выход 54 мг (51%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 148 – 149°C. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ , м. д., Гц: 8.38-8.43 (м, 1H, CH_{Ar}), 7.60-7.68 (м, 1H, CH_{Ar}), 7.35e7.41 (м, 1H, CH_{Ar}), 7.27-7.33 (м, 1H, CH_{Ar}), 6.86 (с, 1H, CH_{Гет-Ар}). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ , м. д., Гц.: 163.77 (C_{Ar}), 160.80 (д, ¹J = 254.74, C-F), 156.06 (C_{Ar}), 154.55 (д, ³J = 4.89, CH_{Ar}), 151.25 (к, ²J = 35.96, C-CF₃), 135.28 (д, ³J = 9.35, CH_{Ar}), 129.10 (д, ⁵J = 0.95, C_{Ar}), 125.49 (д, ⁴J = 3.29, CH_{Ar}), 124.15 (д, ²J = 24.76, C_{Ar}), 120.34 (к, ¹J = 275.21, CF₃), 116.67 (д, ²J = 21.45, CH_{Ar}), 107.32 (к, ³J = 3.10, CH_{Гет-Ар}). ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3067 (сл), 2917 (сл), 2848 (сл), 1707 (сил), 1613 (сп), 1581 (сп), 1507 (сил), 1464 (сп), 1413 (сп), 1314 (сл), 1258 (сил), 1212 (сп), 1180 (сп), 1154 (сил), 1102 (сп), 1074 (сп), 1017 (сп), 968 (сл), 889 (сп), 866 (сил), 827 (сп), 793 (сил), 699 (сп), 608 (сп). Масс спектр FD MS m/z (%): 315 (100), 296(8), 194(4), 180(12), 166(83), 139(56), 123(11), 121(14), 95(15), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для C₁₂H₅ON₃F₄S: 315.00840, найден: 315.00807. Элементный состав вычислен в % для C₁₂H₅ON₃F₄S: C, 45.72; H, 1.60; N, 13.33, найден в %: C, 45.93; H, 2.01; N, 13.71.

2-(3-Фторфенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пи-римидин-5-он (3о)

Получен из **1** и 3-фторфенил бороновой кислоты. Выход 54 мг (65%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 164 – 166°C. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ , м. д., Гц: 7.70-7.76 (м, 2H, CH_{Ar}), 7.51-7.58 (м, 1H, CH_{Ar}), 7.31-7.37 (м, 1H, CH_{Ar}), 6.86 (с, 1H, CH_{Гет-Ар}). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ , м. д., Гц.: 163.23 (C_{Ar}), 163.13 (д, ¹J = 250.43, C-F), 159.44 (д, ⁴J = 3.22, C_{Ar}), 156.00 (C_{Ar}), 151.17 (к, ²J = 36.31, C-CF₃), 131.60 (д, ³J = 8.24, C_{Ar}), 129.78 (д, ³J = 8.25, CH_{Ar}), 123.95 (д, ⁴J = 3.23, CH_{Ar}), 120.78 (д, ²J = 21.45, CH_{Ar}), 120.34 (к, ¹J = 275.05, CF₃),

114.84 (д, $^2J = 24.75$, CH_{Ar}), 107.96 (к, $^3J = 3.13$, $CH_{Гет-Ар}$). ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3075 (сл), 2965 (сл), 2918 (сл), 1706 (сил), 1610 (сл), 1506 (сил), 1486 (сил), 1414 (сл), 1371 (сл), 1316 (сл), 1279 (сил), 1216 (сп), 1176 (сп), 1144 (сил), 1077 (сп), 1034 (сп), 983 (сл), 910 (сл), 887 (сп), 746 (сил), 685 (сп), 545 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 315 (100), 296(8), 194(4), 180(14), 166(93), 139(68), 123(13), 121(18), 95(27), $[M^+]$. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для $C_{12}H_5ON_3F_4S$: 315.00840, найдено: 315.00748. Элементный состав вычислен в % для $C_{12}H_5ON_3F_4S$: С, 45.72; Н, 1.60; N, 13.33, найдено в %: С, 45.23; Н, 1.88; N, 13.21.

2-(3-Фторометилфенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло-[3,2-а]пиримидин-5-он (3р)

Получен из **1** и 3-фторометилфенил бороновой кислоты. Выход 68 мг (55%), как твёрдое оранжевое вещество с Т. пл. = 152 – 153°C. ЯМР 1H ($CDCl_3$), δ , м. д., Гц: 8.25 (с, 1H, CH_{Ar}), 8.15 (д, $^3J = 8.27$, 1H, CH_{Ar}), 7.91 (д, $^3J = 7.89$, 1H, CH_{Ar}), 7.73 (т, $^3J = 7.87$, 1H, CH_{Ar}), 6.89 (с, 1H, $CH_{Гет-Ар}$). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$), δ , м. д., Гц.: 163.11 (C_{Ar}), 159.25 (C_{Ar}), 156.01 (C_{Ar}), 151.26 (к, $^2J = 36.08$, C- CF_3), 132.62 (к, $^2J = 33.56$, C- CF_3), 131.18 (C_{Ar}), 130.51 (CH_{Ar}), 130.12 (к, $^3J = 3.69$, CH_{Ar}), 128.81 (CH_{Ar}), 124.75 (к, $^3J = 3.66$, CH_{Ar}), 123.29 (к, $^1J = 272.49$, CF_3), 120.32 (к, $^1J = 275.64$, CF_3), 108.11 (к, $^3J = 3.09$, $CH_{Гет-Ар}$). ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3044 (сл), 2961(сл), 2918 (сл), 1709 (сил), 1617 (сл), 1588 (сл), 1620 (сил), 1509 (сил), 1488 (сп), 1418 (сп), 1341 (сил), 1277 (сил), 1194 (сп), 1143 (сп), 1122 (сп), 1074 (сп), 1030 (сил), 974 (сл), 912 (сл), 873 (сп), 810 (сил), 744 (сп), 694 (сил), 585 (сп). Масс спектр FD MS m/z (%): 365 (100), 346(19), 189(47), 180(13), 173(12), 166(90), 145(16), 139(15), 125(7), 120(8), 93(5), $[M^+]$. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для $C_{13}H_5ON_3F_6S$: 365.00520, найдено: 365.00401. Элементный состав вычислен в % для $C_{13}H_5ON_3F_6S$: С, 42.75; Н, 1.38; N, 11.50, найдено в %: С, 42.85; Н, 1.80; N, 11.43.

2-(4-Трифторометоксифенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3q)

Получен из **1** и 4-трифторометоксифенил бороновой кислоты. Выход 77 мг (60%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 167 – 168°C. ЯМР 1H ($CDCl_3$), δ , м. д., Гц: 8.02-8.07 (м, 2H, CH_{Ar}), 7.40 (дд, $^3J = 8.94$, $^4J = 0.95$, 2H, CH_{Ar}), 6.88 (с, 1H, $CH_{Гет-Ар}$). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$), δ , м. д., Гц.: 163.26 (C_{Ar}), 159.22 (C_{Ar}), 156.06 (C_{Ar}), 153.00 (C_{Ar}), 151.19 (к, $^2J = 36.82$, C- CF_3), 129.87 (C_{Ar}), 126.26 (CH_{Ar}), 124.01 (к, $^1J = 275.50$, CF_3), 121.67 (CH_{Ar}), 120.37 (к, $^1J = 259.51$, OCF_3), 108.03 (к, $^3J = 3.06$, $CH_{Гет-Ар}$). ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3104 (сл), 3067 (сл), 2962 (сл), 1716 (сил), 1606 (сл), 1589 (сл), 1518 (сил), 1496 (сил), 1413 (сп), 1303 (сл), 1258 (сп), 1246 (сп), 1173 (сил), 1138 (сил), 1072 (сп), 1027 (сп), 966 (сл), 894 (сп), 853 (сил), 844 (сил), 745 (сл), 703 (сил), 603 (сп). Масс спектр FD MS m/z (%): 381 (100), 205(34), 189(18), 180(14), 166(87), 148(5), 139(14), 108(17), 93(4), $[M^+]$. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для $C_{13}H_5O_2N_3F_6S$: 381.00012, найдено: 380.99940. Элементный состав вычислен в % для $C_{13}H_5O_2N_3F_6S$: С, 40.95; Н, 1.32; N, 11.02, найдено в %: С, 40.77; Н, 1.56; N, 10.76.

2-(3-Цианофенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин-5-он (3r)

Получен из **1** и 3-цианофенил бороновой кислоты. Выход 72 мг (55%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 228 – 229°C. ЯМР 1H ($CDCl_3$), δ , м. д., Гц: 8.28 (т, $^4J = 1.41$, 1H, CH_{Ar}), 8.02-8.23 (м, 1H, CH_{Ar}), 7.91-7.94 (м, 1H, CH_{Ar}), 7.73 (т, $^3J = 7.75$, 1H, CH_{Ar}), 6.90 (с, 1H, $CH_{Гет-Ар}$). ЯМР ^{13}C ($CDCl_3$), δ , м. д., Гц.: 162.97 (C_{Ar}), 158.38 (C_{Ar}), 155.88 (C_{Ar}), 151.30 (к, $^2J = 36.73$, C- CF_3), 136.46 (CN), 131.76 (C_{Ar}), 131.21 (C_{Ar}), 130.81 (CH_{Ar}), 129.30 (CH_{Ar}), 120.29 (к, $^1J = 275.10$, CF_3), 117.05 (CH_{Ar}), 114.62 (CH_{Ar}), 108.23 (к, $^3J = 2.78$, $CH_{Гет-Ар}$). ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 3073 (сп), 3035 (сл), 2959 (сл), 2918 (сп), 2849 (сп), 2234 (сп), 2230 (сп), 1702 (сил), 1577 (сл), 1523 (сил), 1508 (сп), 1415 (сп), 1281 (сил), 1194 (сил), 1143 (сил), 1079 (сп), 1038 (сп), 995 (сл), 894 (сл), 870 (сил), 809 (сил), 746 (сп), 683 (сил), 560 (сил). Масс спектр FD MS m/z (%): 322 (100), 294(9), 180(13), 166(99), 146(48), 139(13), 128(15), 102(22), 93(5), $[M^+]$. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для

C₁₃H₅ON₄F₃S: 322.01307, найдено: 322.01214. Элементный состав вычислен в % для C₁₃H₅ON₄F₃S: C, 48.45; H, 1.56; N, 17.69, найдено в %: C, 48.62; H, 2.16; N, 17.94.

2-(3-Нитрофенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пи-римидин-5-он (3s)

Получен из **1** и 3-нитрофенил бороновой кислоты. Выход 75 мг (65%), как твёрдое жёлтое вещество с Т. пл. = 247 – 249°C. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ, м. д., Гц: 8.75 (т, ⁴J = 1.84, 1H, CH_{Ar}), 8.48-8.52 (м, 1H, CH_{Ar}), 8.35-8.36 (м, 1H, CH_{Ar}), 7.81 (т, ³J = 8.07, 1H, CH_{Ar}), 6.91 (с, 1H, CH_{Гет-Ар}). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ, м. д., Гц.: 163.00 (C_{Ar}), 158.29 (C_{Ar}), 155.87 (C_{Ar}), 151.31 (к, ²J = 36.31, C-CF₃), 148.96 (C_{Ar}), 133.23 (C_{Ar}), 131.10 (CH_{Ar}), 129.56 (CH_{Ar}), 127.83 (CH_{Ar}), 122.87 (CH_{Ar}), 120.25 (к, ¹J = 275.10, CF₃), 108.23 (к, ³J = 3.28, CH_{Гет-Ар}). ИК-спектр, ν, см⁻¹: 3087 (сл), 3033 (сл), 2850 (сл), 1693 (сил), 1615 (сл), 1580 (сл), 1508 (сил), 1434 (сл), 1345 (сил), 1275 (сил), 1259 (сп), 1189 (сп), 1150 (сил), 1076 (сп), 1040 (сл), 997 (сл), 910 (сп), 874 (сил), 811 (сп), 710 (сп), 563 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 342 (98), 296(3), 180(15), 166(100), 148(7), 134(11), 120(45), 102(6), 94(7), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для C₁₂H₅O₃N₄F₃S: 342.00290, найдено: 342.98217. Элементный состав вычислен в % для C₁₂H₅O₃N₄F₃S: C, 42.11; H, 1.47; N, 16.37, найдено в %: C, 42.66; H, 1.44; N, 16.94.

2-(3-Фенилфенил)-7-трифторметил-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]-пиримидин-5-он (3t)

Получен из **1** и 3-фенилфенил бороновой кислоты. Выход 88 мг (70%), как твёрдое оранжевое вещество с Т. пл. = 202 – 203°C. ЯМР ¹H (CDCl₃), δ, м. д., Гц: 8.15 (т, ⁴J = 1.69, 1H, CH_{Ar}), 7.82-7.92 (м, 2H, CH_{Ar}), 7.59-7.64 (м, 3H, CH_{Ar}), 7.41-7.52 (м, 3H, CH_{Ar}), 6.87 (с, 1H, CH_{Гет-Ар}). ЯМР ¹³C (CDCl₃), δ, м. д., Гц.: 163.39 (C_{Ar}), 160.82 (C_{Ar}), 156.17 (C_{Ar}), 151.09 (к, ²J = 36.13, CCF₃), 143.15 (C_{Ar}), 139.22 (C_{Ar}), 132.37 (C_{Ar}), 130.18 (CH_{Ar}), 129.20 (CH_{Ar}), 128.51 (CH_{Ar}), 128.42 (CH_{Ar}), 127.37 (CH_{Ar}), 126.78 (CH_{Ar}), 126.42 (CH_{Ar}), 120.41 (к, ¹J = 275.11, CF₃), 107.82 (к, ³J = 3.11, CH_{Гет-Ар}). ИК-спектр, ν, см⁻¹: 3070 (сл), 3035 (сл), 2917 (сл), 2848 (сл), 1700 (сил), 1599 (сл), 1584 (сл), 1502 (сил), 1470 (сп), 1416 (сил), 1367 (сл), 1312 (сл), 1277 (сил), 1238 (сл), 1184 (сп), 1160 (сп), 1146 (сил), 1075 (сп), 1017 (сл), 918 (сл), 873 (сп), 850 (сл), 754 (сил), 698 (сил), 624 (сп), 559 (сл). Масс спектр FD MS m/z (%): 373 (100), 345(3), 197(22), 181(18), 180(20), 179(35), 166(46), 152(24), 151(10), 139(5), 93(3), [M⁺]. Масс спектр высокого разрешения HR MS (ESI) вычислен для C₁₈H₁₀ON₃F₃S: 373.04912, найдено: 373.04855. Элементный состав вычислен в % для C₁₈H₁₀ON₃F₃S: C, 57.91; H, 2.70; N, 11.25, найдено в %: C, 57.77; H, 2.85; N, 11.56.

ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES LITERATURE

1. Jiang, J.K. A novel class of ion displacement ligands as antagonists of the αPbβ3 receptor that limit conformational reorganization of the receptor / J.K. Jiang, J.G. McCoy, M. Shen, C.A. LeClair, W. Huang, A. Negri, J. Li, R. Blue, A.W. Harrington, S. Naini, G. David III, W.S. Choi, E. Volpi, J. Fernandez, M. Babayeva, M.A. Nedelman, M. Filizola, B.S. Collier, C.J. Thomas // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* – 2014. – V.24. – Pp. 1148- 1153.
2. Sathisha, K.R. Synthesis and xanthine oxidase inhibitory activity of 7-methyl-2-(phenoxyethyl)-5H-[1,3,4]thiadiazolo[3,2-a]pyrimidin-5-one derivatives / K.R. Sathisha, S.A. Khanum, J.N. Narendra Sharath Chandra, F. Ayisha, S. Balaji, G.K. Marathe, S. Gopal, K.S. Rangappa // *Bioorg. Med. Chem.* – 2011. – V.19. – Pp. 211-220.
3. Suiko, M. Synthesis and Antitumor Activity of 2-Alkanesulfinyl (or Alkanesulfonyl)-7-methyl-5H-1,3,4-thiadiazolo[3,2-a]pyrimidin-5-ones/ M. Suiko, K. Maekawa // *Agric. and Biol. Chem.* – 1977. – V.41. – Pp. 2047-2053.
4. Suiko, M. Mode of RNA Synthesis Inhibition by 1,3,4- Thiadiazolo[3,2-a]pyrimidines/ Suiko M, Naniguchi E, Maekawa M, Eto M. // *Agric. and Biol. Chem.* – 1980. – V.44. – Pp. 1923-1927.
5. Suiko, M. Relationship between the Structures and Cytotoxic Activities of 1,3,4-Thiadiazolo[3,2-a]pyrimidines/ Suiko M, Hayashida S, Nakatsu S.// *Agric. and Biol. Chem.* – 1982. – V.46. – Pp. 2691-2695.
6. Suiko, M. RNA Synthesis Inhibition by 1,3,4- Thiadiazolo[3,2-a]pyrimidines/ Suiko M, Naniguchi E, Maekawa M, Eto M. // *Agric. and Biol. Chem.* – 1979. – V.43. – Pp. 741-746.

7. Kodihalli, C. Ravindra. Synthesis and antimicrobial activity of novel naphtho[2,1-b]furo-5H-[3,2-d][1,3,4]thiadiazolo[3,2-a]pyrimidin-5-ones/ Kodihalli C. Ravindra, Hosadu M. Vagdevi, Vijayvithal P. Vaidya // ARKIVOC. – 2008. – V.11. – Pp. 1-11.
8. Salimov, T.M. Synthesis and Antimicrobial Activity of 2-Bromo-7-methyl-5-oxo-5H-1,3,4-thiadiazolo[3,2-a]pyrimidine / T.M. Salimov, M.A. Kukaniev, I.T. Sattorov, D.M. Osimov // Pharm. Chem. J. – 2005. – V.39. – Pp. 311–312.
9. Jafari, B. Synthesis of 2-arylated thiadiazolopyrimidones by Suzuki–Miyaura cross-coupling: a new class of nucleotide pyrophosphatase (NPPs) inhibitors / B. Jafari, N. Yelibayeva, M. Ospanov, S.A. Ejaz, S. Afzal, S.U. Khan, Z.A. Abilov, M.Z. Turmukhanova, S.N. Kalugin, S. Safarov, J. Lecka, J. Sevigny, Q.Rahman, P.Ehlers, J.Iqbal, P. Langer // RSC Adv. – 2016. –V.6. – Pp. 107556-107571.
10. Jafari, B. Alrflne phosphatase (APs), 2-substituted 7-trifluoromethylthiadiazolo[3,2-a] pyrimidinones as alkaline phosphatase inhibitors. Synthesis, structure activity relationship and molecular docking study/ B. Jafari, C. Mamadshoeva, M. Khalikova, A. A. Saidov, Sh. R. Samikhov, I. Rahimov, P. Langer, S. Safarov// Bulletin of the Tajik national University, Series of natural sciences. – 2020. -№2. -Pp. 177-186.
11. Saira Afzal. Highly Potent and Selective Ectonucleoside Triphosphate Diphosphohydrolase (ENTPDase1, 2, 3 and 8) Inhibitors Having 2-substituted-7-trifluoromethyl-thiadiazolopyrimidones Scaffold / Saira Afzal, Sumera Zaib, Behzad Jafari, Peter Langer, Joanna Lecka, Jean Sévigny, Jamshed Iqbal //Medicinal Chemistry. -2020. -V.16. -Pp. 689-702.
12. Shafiq, Ur Rahman. Structure-based virtual screening of dipeptidyl peptidase 4 inhibitors and their in vitro analysis / Shafiq Ur Rahman, Hafiz Saqib Ali, Behzad Jafari, Sumera Zaib, Abdul Hameed, Yasser M S A Al- Kahraman, Peter Langer, Jamshed Iqbal //Comput Biol Chem, 2020, Online ahead of print: DOI: 10.1016/j.compbiolchem.2020.107326
13. Shukurov, S. S. Synthesis and transformations of 2-(5-amino-(mercapto)-1,3,4-thiadiazolylthio)-7-methyl-5-oxo-5H-1,3,4-thiadiazolo[3,2-a]pyrimidines / Shukurov S. S, Kukaniev M. A, Nasyrov I. M, Zakharov, K. S, Karakhanov, R. A.// Russ. Chem. Bull. -1993. –V.42, -Pp. 1871–1874.
14. Shukurov, S. S. Interaction of 2-bromo-7-methyl-5-oxo-5H-1,3,4-thiadiazolo[3,2-a]pyrimidine with methylene-active compounds and acid hydrolysis of its products / Shukurov S. S, Kukaniev M. A, Nasyrov I. M, Zakharov K. S, Karakhanov R. A. //Russ. Chem. Bull. -1993. -V.42, -Pp. 1874 –1878.
15. Kukaniev, M. A. Synthesis and Conversion of 6-Fluoro Derivatives of 1,3,4-Thiadiazolo-[3,2-a]pyrimidine/ Kukaniev, M. A. Párkányi C. // J. Het. Chem.. -2011. -V 48. -Pp. 1308 – 1311.
16. Paul, H. Ueber einig Umsetzungen von 2,5-diamino-1,3,4-thiadiazol mit -ketocarbonsaureestern und mit diketen / Paul H, Sitte A// Monatsh. Chem. -1971. -V. 102. - № 2, -Pp. 550-557.
17. Okabe, T. Reaction of 2-amino 5-substituted-1,3,4-thiadiazole with 1,3-dicarbonyl compound / Okabe.T, Taniguchi. E, Maekawa K. J // Fac. Agr. Kyushu Univ. -1973. -V.17. -№ 2, -Pp. 195-202.
18. Tsuji, T. Convenient Synthesis of 2,7-Disubstituted 5H-1,3,4-Thiadiazolo[3,2-a]pyrimidin-5-ones and Related Compounds / Tsuji, T. Takenaka R. // Bull. Chem. Soc. Jpn., 1982, V.55, N.2, Pp. 637 – 638.
19. Safarov, S. Preparation of 2-amino-5-methyl-7H-1,3,4-thiadiazolo[3,2-a]pyrimidin-7-ones S. Safarov, M.A. Kukaniev, H. Kolshorn, H. Meier // J.Het. Chem. -2005. -42. - Pp. 1105-1109.
20. Safarov, S. Preparation of 5-methyl-2-sulfanyl-7h-1,3,4-thiadiazolo[3,2-a]-pyrimidin-7-ones/ S. Safarov, M.A. Kukaniev, E. Karpuk, H. Meier.// J.Het. Chem. -2007. – V.44. -Pp. 269-271.

ХОСИЛ КАРДАНИ -2-АРИЛ -7-ТРИФТОРМЕТИЛ-5- ОКСО-5Н -1,3,4-ТИАДИАЗОЛО [3,2-а] ПИРИМИДИН

Тиадiazолопиримидинҳо соҳиби спектри васеъи ғаъоли биологӣ мебошанд. Scaffold ҳамчун муҳим барои ҳосил кардани модда бо ҳосияти аҷиб реаксияи 2-бром-7-трифторметил-5-оксо-5H-1,3,4-тиадiazоло[3,2-a]пиримидин бо мақсади ҳосил кардани он 2 ҷой гирифтани арил дар шароити реаксияи кросс-омезиши Сузукӣ-Мияурӣ. Дар ин ҷо арил фенил, 4-метилфенил, 4-этилфенил, 3,5-диметилфенил, 3,4-диметилфенил, 4-метоксифенил, 3-метоксифенил, 2-метоксифенил, 3,5-диметоксифенил, 2,5-диметоксифенил, 4-этоксифенил, 2-этоксифенил, 2-фторфенил, 3-фторфенил, 3-сефторметилфенил, 4-трифторметоксифенил, 3-сианофенил, 3-нитрофенил, 3-фенилфенил-7-трифторметил-5-оксо-5H -1,3,4-тиадiazоло[3,2-a]пиримидин мебошад. Ба сифати катализатор Pd(OAc)₂, истифода шуда, ба сифати лигандҳо Xantphos (20 мол%) истифода шуда, ба сифати асоси K₂CO₃ (2.0 эквивалент.), ба сифати ҳалкунанда 1,4-диоксан дар ҳарорати 100 °C истифода карда шудааст. Ҳамаи пайвастиҳои синтезшуда бо ёрии ЯМР ¹H ва ¹³C дар дастгоҳи Bruker 300, 400, Advance 600, AXM 400 Varian Mercury 400, спектри (СИ) инфрасурх идентификатсия шуда дар спектрометри тамғаи Bruker ALPHA-P навишта шуда, усули пурра инъикоскунандаи спектрҳои массовӣ дар таҷҳизоти Finigal MAT 95навишта шуда, дар спектри массовӣ бисёр ҷойгиркунанда дар дастгоҳи технологияи QNOF ULTIMA 3, Thermo Electron LCQ Deca (San Jose, CA) ESI чен карда шудааст. Ҳамаи моддаҳои синтезшуда бо калонкаи хроматографӣ дар силикагел бо маҳлули мувофиқ тоза карда шудааст. Баромади маҳсулот дар ин шароит аз 35 то 90%-ро ташкил додааст.

Калидвожаҳо: 2-Арил-7-трифторметил-5-оксо-5H-1,3,4-тиадiazоло-[3,2-a]пиримидин, реаксияи кросс-омезиши Сузукӣ — Мияурӣ.

ПОЛУЧЕНИЕ 2-АРИЛ-7-ТРИФТОРМЕТИЛ-5-ОКСО-5Н-1,3,4-ТИАДИАЗОЛО[3,2-а]ПИРИМИДИНА

Тиадиазолопиримидины обладают широким спектром биологической активности. Как важный scaffold для получения веществ с интересными свойствами была изучена реакция 2-бром-7-трифторметил-5-оксо-5Н-1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидина с целью получения её 2 арилзамещенных в условиях реакции кросс-сочетания Сузуки – Мияуры. Где арилом являются фенил, 4-метилфенил, 4-этилфенил, 3,5-диметилфенил, 3,4-диметилфенил, 4-метоксифенил, 3-метоксифенил, 2-метоксифенил, 3,5-диметоксифенил, 2,5-диметоксифенил, 4-этоксифенил, 2-этоксифенил, 2-фторфенил, 3-фторфенил, 3-трифторометилфенил, 4-трифторометоксифенил, 3-цианфенил, 3-нитрофенил, 3-фенилфенил- 7-трифторметил-5- оксо-5Н -1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидина. В качестве катализатора был использован Pd(OAc)₂, в качестве лиганды Xantphos (20 моль%), в качестве оснаний, K₂CO₃ (2.0 эквивалент.), в качестве растворителя 1,4-диоксан, при 100°C. Все синтезированные соединения были идентифицированы с помощью ЯМР ¹H и ¹³C на инструментах Bruker 300, 400, Advance 600, AXM 400 Varian Mercury 400, инфракрасные (ИК) спектры были записаны на спектрометре марки Bruker ALPHA-P, используя метод ослабленное полное отражение, Масс спектры были записаны на приборе Finigal MAT 95, Масс спектр высокого разрешения была измерена на приборе QNOF ULTIMA 3, Thermo Electron LCQ Deca (San Jose, CA) ESI технологии. Все синтезированные вещества были очищены хроматографической колонкой над силикагелем с подходящим растворителем. Выход целевого продукта при этих условиях составил от 35-90%.

Ключевые слова: 2-Арил-7-трифторметил-5- оксо-5Н -1,3,4-тиадиазоло[3,2-а]пиримидин, реакция кросс-сочетания Сузуки — Мияуры.

PRAPARATION OF 2-ARYL-7-TRIFLUOROMETHYL -5-OXO-5H -1,3,4-THIADIAZOLO [3,2-a] PYRIMIDINE

Thiadiazolopyrimidines have a wide range spectrum of biological activity. The reaction of 2-Bromo-7-trifluoromethyl-5-oxo-5H -1,3,4-thiadiazolo [3,2-a] pyrimidine was studied as an important *scaffold* for the preparation of substances with interesting properties in order to obtain the 2 aryl-substituted under the reaction cross-coupling Suzuki-Miyaura. Where aryl is phenyl, 4-methylphenyl, 4-ethylphenyl, 3,5-dimethylphenyl, 3,4-dimethylphenyl, 4-methoxyphenyl, 3-methoxyphenyl, 2-methoxyphenyl, 3,5-dimethoxyphenyl, 2,5-dimethoxyphenyl, 4-ethoxyphenyl, 2-ethoxyphenyl, 2-fluorphenyl, 3-fluorphenyl, 3-threefluormethylphenyl, 4-trifluoromethoxyphenyl, 3-cyanophenyl, 3-nitrophenyl, 3-phenylphenyl- 7-trifluoromethyl-5-oxo-5H -1,3,4 -thiadiazolo [3,2-a] pyrimidine. We used Pd(OAc)₂ as a catalyst, Xantphos (20 mol %) as a ligand, K₂CO₃ (2.0 equiv.), 1,4-dioxane as a solvent, at 100°C. All synthesized compounds were identified by ¹H and ¹³C NMR on Bruker 300, 400, Advance 600, AXM 400 Varian Mercury 400 instruments, infrared (IR) spectra were recorded on a Bruker ALPHA-P spectrometer using the attenuated total reflection method, Mass spectra were recorded on a Finigal MAT 95 instrument, High resolution mass spectrum was measured on a QNOF ULTIMA 3 instrument, Thermo Electron LCQ Deca (San Jose, CA) ESI technology. All synthesized substances were purified by chromatography over silica gel with a suitable solvent. The yield of the target product under these conditions ranged from 35-90%.

Keywords: 2-Aryl-7-trifluoromethyl-5-oxo-5H -1,3,4-thiadiazolo [3,2-a] pyrimidines, Suzuki-Miyaura cross-coupling reaction.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Мамадшоева Сакина Саломатшоевна* – ходими илмии озмоишгоҳи химиявии пайвастиҳои гетеросиклики Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға:** 734063, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон, хиёбони Айнӣ, 267. **E-mail:** msakina1984@mail.ru. Телефон: +992 93 588 00 41.

Бехзод Ҷафари – Институти химияи органикии университети Росток, Германия, Ph.D. **Суроға:** 18059, Росток, Алберт-Эйнштейн-штрасс За. **Тел.:** +49(0)381/498-6410. **E-mail:** behzadjafari961@gmail.com.

Холиқова Муаттар Ҷурабоевна – н.и.т., ходими калони илмии озмоишгоҳи фармакалогии Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға:** 734063, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Таджикистан, хиёбони Айнӣ, 299/2. **Тел.:** +992 93 701 44 77. **E-mail:** kh.muattar@rambler.ru.

Наимов Изатулло – магистри озмоишгоҳи ғанигардонии маъдани Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға:** 734063, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Таджикистан, хиёбони Айнӣ, 299/2. **E-mail:** naimovizatullo@bk.ru. **Тел.:** +992 559 00 03 61

Самихов Шонаврӯз Раҳимович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, д.и.т., профессори кафедраи технологияи истеҳсолоти химиявӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рудақӣ, 17. **E-mail:** samikhov72@mail.ru. **Тел.:** (+992) 900 19 95 72

Петер Лангер – профессор, директори Институти химияи органикии Университети Росток, Германия. **Суроға:** 18059 Алберт-Эйнштейн-штрасс За. **E-mail:** peter.langer@uni-rostock.de. **Тел.:** +49(0)381/498-6410

Сафаров Сайфидин Шаҳобидинович – н.и.х., мудири озмоишгоҳи ғанигардонии маъдани Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини АМИТ. **Суроға:** 734063, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2. **E-mail:** cafi@mail.ru. **Тел.:** +992 900 02 24 42

Сведения об авторах: *Мамадишоева Сакина Саломатшоевна* – научный сотрудник лаборатории химии гетероциклических соединений Института химии им. В. И. Никитина НАНТ. **Адрес:** 734063, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ул. Айни, 267. **E-mail:** msakina1984@mail.ru. **Тел.:** +992 935 88 00 41

Бехзод Джафари – Институт органической химии университета Росток, Германия, Germany, PhD-студент. **Адрес:** 18059 Rostock, Albert-Einstein-Strasse 3a. **E-mail:** behzadjafari961@gmail.com. **Телефон:** +49(0)381/498-6410

Халикова Муаттар Джурабаевна – к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории фармакологии Института химии им. В. И. Никитина НАНТ. **Адрес:** 734063, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ул. Айни, 299/2. **E-mail:** kh.muattar@rambler.ru. **Телефон:** +992 937 01 44 77.

Наимов Изатулло – магистр лаборатории обогащения руд Института химии им. В. И. Никитина НАНТ, 734063, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ул. Айни, 299/2. **E-mail:** naimovizatullo@bk.ru **Тел.:** +992 559 00 03 61.

Самихов Шонавруз Рахимович – д.т.н., профессор кафедры технологии химических производств ТНУ. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** samikhov72@mail.ru. **Тел.:** (+992) 900 19 95 72

Петер Лангер – Проф. Директор Института Органической Химии Университета Росток, Германия. **Адрес:** 18059, Rostock, Albert-Einstein-Strasse 3a. **E-mail:** peter.langer@uni-rostock.de **Тел.:** +49(0)381/498-6410

Сафаров Сайфидин Шахобидинович – к.х.н., зав. лаборатории обогащения руд Института химии им. В. И. Никитина НАНТ. **Адрес:** 734063, г. Душанбе, Республика Таджикистан, ул. Айни, 299/2. **E-mail:** cafi@mail.ru. **Тел.:** +992 900 02 24 42

Information about the authors: *Mamadshoeva Sakina Salomatshoevna* – Senior Researcher, laboratory of chemistry of heterocyclic compounds, Institute of Chemistry Aini St., Dushanbe named after V.I. Nikitin, National Academy of Sciences Republic of Tajikistan. **Address:** 734063, Dushanbe, Republic of Tajikistan, st. Aini, 267. **E-mail:** msakina1984@mail.ru. **Tel:** +992:+992 935 88 00 41

Jafari Behzad – Ph.D-student, Institute of Organic Chemistry, University of Rostock, Germany. **Address:** 18059 Rostock, Albert-Einstein-Strasse 3a. **E-mail:** behzadjafari961@gmail.com. **Tel:** +49(0)381/498-6410

Khalikova Muattar Jurabaevna – Dr. (Ph.D), Senior Researcher, laboratory of pharmacology Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin, National Academy of Sciences. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Aini St. **E-mail:** kh.muattar@rambler.ru. **Tel:** +992 937 01 44 77.

Naimov Izatullo – Master of laboratory of enrichment of ores, Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin, National Academy of Sciences. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Aini St. **E-mail:** naimovizatullo@bk.ru. **Tel:** +992 559 00 03 61

Samikhov Shonavruz Rahimovich – Tajik National University, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of technology of chemical industry. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue 17, **E-mail:** samikhov72@mail.ru. **Tel:** (+992) 900 19 95 72

Peter Langer - Prof. Director, Institute of Organic Chemistry, University of Rostock, Germany, 18059 Rostock, Albert-Einstein-Strasse. **E-mail:** peter.langer@uni-rostock.de. **Tel:** +49(0)381/498-6410.

Safarov Sayfidin Shahobidinovich – Dr.(PhD), Head of laboratory of enrichment of ores, Institute of Chemistry named after V.I. Nikitin, National Academy of Sciences. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Aini St. **E-mail:** cafi@mail.ru. **Tel:** +992 900 02 24 42

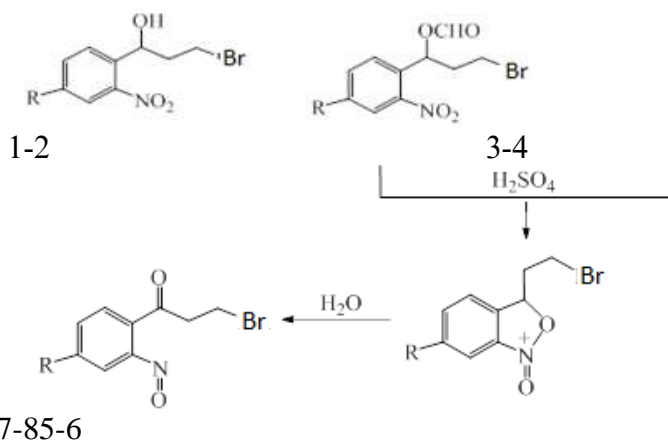
ЦИКЛИЧЕСКИЕ ИОНЫ ИЗ 1-(2- НИТРОФЕНИЛ)- И 1-(4-БРОМ-2-НИТРОФЕНИЛ)- 3-БРОМПРОПАНОЛОВ И ИХ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ

Гулов Т. Ё.¹, Бандаев С. Г.¹, Федотов А. Н.², Мочалов С. С.²Таджикский государственный педагогический университет им. Садриддина Айни,
²Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Известно, что проблема синтеза орто-нитрозоацилбензолов, весьма важных полупродуктов для тонкого органического синтеза, связана по-существу, с проблемой создания двух электроноакцепторных группировок в соседних положениях бензольного кольца. Определенные перспективы в этом плане открывают внутримолекулярные реакции орто-замещенных нитробензолов, способных в процессе, превращения генерировать карбениевые ионы бензильного типа [1,2,3,4 стр.94,87,399,403]. Однако, если использовать для синтеза соответствующих нитрозоацилбензолов 2-нитрофенилциклопропаны -наиболее доступные исходные вещества из приведенных выше, то оказывается, что генерировать циклический интермедиат, отвечающий за формирование 2-нитрозоацилбензола, из 2-нитрофенилциклопропанов, содержащих в малом цикле электроно-акцепторные заместители, под действием концентрированной серной кислоты не удастся. Например[5-стр.47], 1-бром или 1-хлор-2-(о-нитрофенил)-циклопропаны не перегруппировываются в соответствующие β -галоген-2-нитрозопропиофеноны под действием концентрированной серной кислоты даже при 30 °С. Мы предположили, что 1-(2- нитрофенил)- и 1-(4-бром-2-нитрофенил)- 3-бромпропанола (1,2) , или их сложные эфиры (3,4) могут быть использованы в синтезе указанных β -галогеннитрозопропио-фенонов.

Действительно, нам удалось показать, что под действием 96%-ой сер-ной кислоты в интервале температуре 0-10°C из 1-(2- нитрофенил)- (1) и 1-(4-бром-2-нитрофенил)-3-бромпропанола- (2), или их сложных эфиров (3-4) образуются сернокислотные растворы соответствующих циклических ионов (5-6), которые при последующей обработке ледяной водой, превращаются в β -бромзамещенные 2-нитрозопропиофеноны (7-8), выходы составляют 59 и 37%,соответственно.

Прямые доказательства генерации циклических интермедиатов (типа 5-6) методами ЯМР ¹H и ¹³C были получены только для ртути содержащих ионов, которые относительно медленно протодемеркурировались в использовавшихся сильных кислотах [6,7,8,9,10,11-стр.181,122,1554,1534,1368, 1095].

Схема 1
Scheme 1

R=H (1,3,5,7); Br (2,4,6,8,)

В связи с этим получение новых данных о возможностях образования из 1-(2-нитрофенил)- (1) и 1-(4-бром-2-нитрофенил)-3-бромпропанола (2), или их сложных

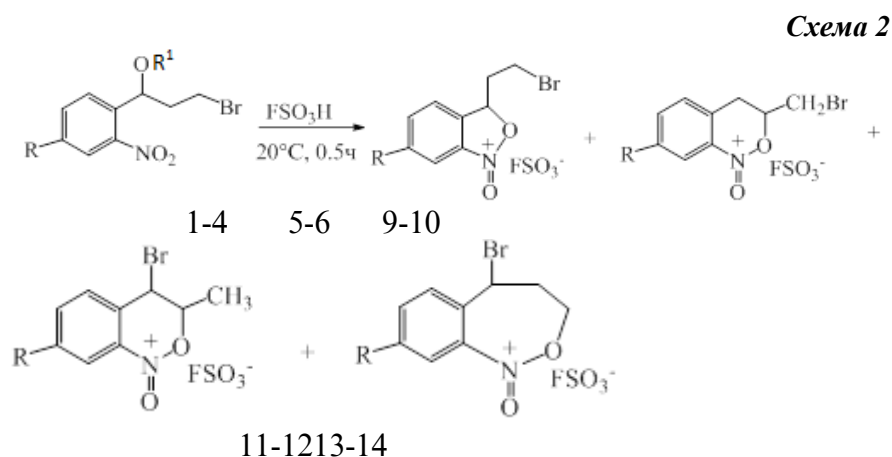
эфиров (3-4) циклических ионов (5-6) и об их стабильности в растворах сильных кислот, о возможностях изомерных превращений этих ионов, а также их трансформации имеет важное значение как с практической, так и теоретической точки зрения.

В настоящей работе мы синтезировали 1-(2- нитрофенил)- (1) и 1-(4-бром-2- нитрофенил)- 3-бромпропанолов- (2), или их сложных эфиров (3-4) и изучили их поведение во фторсульфоновой кислоте.

Через определенное время в каждом случае образуются равновесные смеси пяти и шестизвенных ионов, соотношение которых определяет термо-динамика изомерных переходов указанных ионов (см. схему 2-3 и [5, 6], которые осуществляются через промежуточно образующиеся орто-нитроалкилбензолы (А,Б см. схему 3).

Пятизвенные гетероциклические ионы (5,6), отличающиеся от ионов [1,2,8 стр.94,87,1554] только наличием атома брома в алкильном заместителе, образуются и из соответствующих орто-нитрофенилсодержащих галогенопроизводных (1-4) (схема1), при растворении их во фторсульфоновой кислоте. При этом уже на кинетически контролируемой стадии происходит образования циклических фторсульфонатов (5,6), наблюдается **анионотропные** превращение последних и, как следствие, возникновение циклических фторсульфонатов (9-14), (см. схему 2).

Анионотропия очень распространена для аллильных соединений, содержащих заместители, способные к миграции в виде стабильных анионов, такие, как хлор, бром, гидроксил.



R = R¹ = H (1); R=Br, R¹ =H (2); R=H, R¹ = CHO(3); R=Br, R¹ = CHO (4);
R=H (5, 9, 11, 13), Br (6, 10, 12, 14)

Одна из причин этого связана с тем, что аллильный карбониевый ион относительно стабилен. Образующаяся при **анионотропии** катионная форма сильно стабилизирована мезомерией, что делает заполнение электронного секстета переходного состояния энергетически выгодным [15]. С другой стороны, некоторые заместители, а именно окси - и галогенгруппы, которые могут уходить в виде стабильных гидроксил - или галогенан ионов, проявляют тенденцию к миграции, если образующийся при этом карбониевый ион может быть стабилизирован наличием подходящих структурных фрагментов. В данном случае бромид ион способен к миграции так как при этом карбониевый ион может быть стабилизирован бензольным кольцом.

Таблица 1. Зависимость состава фторсульфонатов циклических ионов, полученных взаимодействием 1-(2-нитрофенил)-3-бромпропанолов и их формиатов (1-4) с FSO₃H от времени реакции и природы заместителя а ароматическом ядре

Table 1. Dependence of the composition of cyclic ion fluorosulfonates obtained by the interaction of 1- (2-nitrophenyl) -3-bromopropanols and their formates (1-4) with FSO₃H on the reaction time and the nature of the substituent in the aromatic ring

Исх. аддукт		Время рореакции, ч	Фторсульфонаты (содержание в %)			
1,3		0.5	(45)	9(17)	11(18)	13(20)
2,4	Br	0.5	6(43)	10(17)	12(26)	14(14)
1,3	H	4	5(33)	9(14)	11(39)	13(12)
2,4	Br	4	6(31)	10(16)	12(42)	14(11)
1,3		48	5(24)	9(15)	11(51)	13(10)
2,4	Br	48	6(21)	10(11)	12(63)	14(5)

Как видно из таблицы 1, уже через 0.5 часа после растворения 1-(2-нитрофенил)-3-бромпропанолов и их формиатов (**1-4**) в FSO₃H в реакционной смеси содержится только 45% и 34% галогенфторсульфонатов (**5, 6**), а их содержание после 4 часов выдерживания при 20⁰C уменьшается до 33% и 31% соответственно, при одновременном увеличении количества ионов бенз[2,1]оксазиний фторсульфонатов (**9-14**) [14,15 стр.690,397-405]. Важно отметить, что в превращении бромфторсульфонатов (**5-6**) наблюдается их *изомерный переход* в галогенированные ионы (**9-14**, см. схему 3) по схеме, что не характерно для превращений металлизированных циклических ионов, образующихся из сольвааддуктов *орто*-нитрофенилциклопропанов во фторсульфоновой кислоте [5,12,13 стр.47,988,988].

Различие в поведении металлизированных [5,12,13стр.47,988,988] и неметаллизированных (**5-6, 9-14**, см. схему 3) циклических ионов во фторсульфоновой кислоте, по всей вероятности, связано с различной реакционной способностью образующихся на промежуточной стадии изомерных превращений *орто*-нитроалкилбензола (**15 -18** см. схем. 3). Если единственный путь превращения непредельных соединений (**15-18**) это образование соответствующих фторсульфонатов (**5-6, 9-14**, схема 3), то нитроалкен, содержащий в аллильном положении меркурхлоридную группу, в принятых условиях легко протодемеркурируется [5,8,9,10,11,12,13 стр.47,1554,1534, 1368, 1095, 988,988].

Далее было показано, что в реакционных смесях, выдержанных при 20⁰C в течение 48 ч, содержание пятичленного фторсульфонатов (**5-6**) уменьшается ~ в 2 раза по сравнению с их количествами, установленными в случае первоначального анализа методом ЯМР ¹H (см. табл.1). В то же время количество шестичленных фторсульфонатов (**11-12**) значительно возрастает, при том, что через указанный промежуток времени (48 ч) в спектрах ЯМР ¹H реакционных смесей уже практически не идентифицируется фторсульфонаты циклических ионов (**9-10**) и (**13-14**).

Строение циклических ионов (**5-6**) подтверждалось данными спектров ЯМР ¹H и ¹³C (см. экспериментальную часть) и сопоставлением характеристических химических сдвигов сигналов ¹H и ¹³C этих ионов с соответствующими параметрами металлизированного фторсульфоната N-оксо-3-(β-хлормеркурэтил) бенз [2,1] изоксазолиния и его неметаллизированного аналога, строение которых было строго доказано в работе [12-13стр.988,988].

Главный вопрос, на который необходимо было ответить, анализируя данные спектров ЯМР ¹H и ¹³C в циклической или открытой форме существуют фторсульфонаты ионов, образовавшиеся из галогенпропанолов (**1,2**) и их сложных эфиров (**3,4**) во фторсульфоновой кислоте.

Сопоставление химических сдвигов протонов Н⁷, Н⁸ и Н⁹ металлизированных ионов [5,12,13] и фторсульфонатов (**5,6**) позволяет сделать вывод об однотипности структур

ионов и, следовательно, о том, что ионы **(5,6)** являются фторсульфонаты N-оксо-3-(β-бромэтил)-бенз[2,1]изоксазолиния **(5)** и N-оксо-6-бром-3-(β-бромэтил)-бенз[2,1]изоксазолиния **(6)**, соответственно.

Дополнительные подтверждения циклического характера ионов **(5,6)** и о том, что эти ионы содержат пятизвенную структуру аннелированного гетероцикла были получены сопоставлением химических сдвигов атомов C⁷, C⁸, C⁹ металлизированных ионов [5,12-13] и фторсульфонатов **(5,6)** в спектрах ЯМР ¹³C (см. экспериментальную часть).

Как можно видеть из таблицы 3, химические сдвиги для бензильных атомов (C⁷) металлизированных ионов [5,12-13] и фторсульфонаты N-оксо-3-(β-бромэтил)-бенз[2,1]изоксазолиния **(5)** и N-оксо-6-бром-3-(β-бромэтил)-бенз[2,1]изоксазолиния **(6)** имеют близкие значения (94.61, 96.82, и 97.10, 97.90, соответственно), что свидетельствует об идентичности приведенных структур. В свою очередь значения химических сдвигов атомов C⁷ указывает на циклический характер ионов, поскольку соответствующие химические сдвиги бензильных атомов в ионах открытой структуры должны были бы находиться в значительно более слабом поле. Экспериментально установлено, например, что сигнал бензильного атома углерода в фенилдиметилкарбениевом ионе проявляется при 225 м.д. [16 стр.5601-5810].

Что касается других галогенированных фторсульфонатов **(9-14)**, возникающих в реакционной среде сразу после растворения галогенпропанолов **(1,2)** и их сложных эфиров **(3,4)**, то их образование в результате *изомерного перехода* галогенированных ионов **(5,6)** может быть представлено следующей схемой (см. схему 3).

Идентификация других галогенированных фторсульфонатов **(9-14)**, осуществлялась сравнением их спектральных характеристик (см. экспериментальную часть) с параметрами, полученными для этих ионов в работах [5,8,9,10,11,12,13, с.47,1554,1534,1368, 1095, 988,988], а строение семизвенных циклических ионов **(13,14)** подтверждено данными спектров ЯМР ¹H.

Из сопоставления состава фторсульфонатов, образовавшихся на кинетически контролируемом этапе реакции галогенпропанолов **(1,2)** и их сложных эфиров **(3,4)** с фторсульфоновой кислотой (табл.1, 0.5 ч) и состава фторсульфонатов на равновесной (термодинамической) стадии (табл.1, 84 ч) можно сделать вывод о преобладающей термодинамической стабильности фторсульфонатов **(11,12)** многократно превосходящую стабильность фторсульфонатов **(9,10)** и **(13,14)**.

Интересно отметить, что образующиеся сразу после смешения галогенпропанолов **(1,2)** и их сложных эфиров **(3,4)** с фторсульфоновой кислотой ионы N-оксо-5-бром-бенз[2,1]оксазепиния **(13,14)** за время достижения термодинамического равновесия (84 ч, см. табл. 1) полностью трансформируются в отвечающие им изомеры **(11,12)**, табл.1). Относительно низкая стабильность подобных семизвенных ионов была ранее установлена для фторсульфонатов N-оксо-3-метил- бенз[2,1]оксазепиния, которые настолько быстро трансформировались во фторсульфонаты N-оксо-3-этилбензоксазиния, что их не удалось идентифицировать спектрами ЯМР при 20⁰C [7стр.122]. В этом плане стабильность фторсульфонатов **(11,12)** оказалась несколько выше, что позволило идентифицировать их методом ЯМР ¹H (см. экспериментальную часть).

Экспериментальная часть

Спектры ЯМР ¹H и ¹³C регистрировали на спектрометре “Varian VXR-400” (400.13 и 100.61 МГц, соответственно) в DMSO-d₆ (для нейтральных соединений и в FSO₃H (для растворов циклических ионов) внешние стандарты – TMC, CDCl₃. ИК-спектры записывали на спектрометре UR-20 в вазелиновом масле. Для хроматографирования использовали водную кремневую кислоту, элюент – CCl₄. Чистоту продуктов реакции контролировали методом ТСХ на пластинках Silufol, элюенты – CHCl₃ или CCl₄. Элементный анализ выполняли на рентгенофлуоресцентном спектрометре VRA-30 (CarlZeiss, Германия). Температуры плавления измеряли в открытом капилляре на приборе SMP-10. Образцы к съемке спектров ЯМР ¹H и ¹³C готовили следующим образом : к 2 мл FSO₃H,

охлажденной до -15°C при перемешивании добавляли 12 ммоль галогенпропанолов (1,2) или их сложных эфиров(3,4), повышали температуру до 20°C (~ 20 мин) и записывали спектры ЯМР ^1H и ^{13}C .

1-(2-Нитрофенил)-1-формилокси-3-хлормеркупроан (т. пл. 109°C , из спирта) и *1-(4-бром-2-нитрофенил)-3-хлормеркупропилформиат* (т. пл. 135°C , из спирта) получен как описано в [12, 14].

Бромдемеркурирования бромом в метаноле и в присутствии бромистого калия (общая методика[14]). К охлажденному ледяной водой раствору 0.01 моль ртуторганического соединения в 200 мл метанола добавляли смесь из 10 г КВг и 0.04 моль брома в 80 мл метанола. Реакционную массу перемешивали 4 ч и выливали в 100 мл насыщенного раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, продукты экстрагировали четыреххлористым углеродом, экстракт промывали водой, сушили MgSO_4 , упарив растворитель, остаток хроматографиро. да на колонке о Al_2O_3 (элюент - CCl_4). Ниже приводятся физико-химические характеристики и данные элементного анализа полученных бромидов.

3-Бром-1-(2-нитрофенил) пропилформиат (3), выход 55%, масло R_f 0.50 . Спектр ПМР (δ , м.д.): 2.15-2.45 м ($-\text{CH}_2-$), 3.47-3.78 м ($-\text{CH}_2\text{X}$), 5.35 т ($-\text{CH}-$), 8.02 с (1H, CHO), 7.27-8.03 м (ArH). ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 1700 (C=O), 1185 (C-O-CO).1560 (NO_2) Найдено %: с 42.59, н 3.43, N 4.90 $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{BrNO}_4$. Вычислено %: с 41.70, н 3.50, N 4.86.

Наряду с основным продуктом реакции выделяли 36 % *3-бром-1-(2-нитрофенил) -1-пропанола* (5), масло, R_f 0.35. Спектр ПМР (δ , м.д.): 2.33-2.78 м ($-\text{CH}_2-$), 3.47-3.78 м ($-\text{CH}_2\text{X}$), 6.47 т ($-\text{CH}-$), 2.82 с (OR), 7.27-7.98 м (ArH). ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 3280 (OH). Найдено %: С 41,38, Н 3.69, N 5.20. $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{BrNO}_4$. Вычислено %: С 41.53, Н 3.84, N 5.38.

3-Бром-1-(4-бром-2-нитрофенил) пропилформиат (5). Получили по стандартной методике из 5,22 г ртутноорганического соединения (68) выход 2,75 г (70%), т. пл. 72°C . (из гексана). Спектр ПМР (δ , м.д.): 2.42 м (2H, $\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$), 3.52 м (2H, CH_2Br), 6.30 т (4H, CH), 7.95 с (1H, CHO), 7.45 д (1H, H^6Ar), 7.83 дд (4H, H^5Ar), 7.80 д (1H, H^3Ar). ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 1720 (C=O), 1185 (C-O, сложноэфирная). Найдено %: с 32.70, н 2.33. $\text{C}_{10}\text{H}_9\text{Br}_2\text{NO}_4$. Вычислено %: с 32.73, н 2.47.

Наряду с основным продуктом реакции выделяли 0.84 г (25%) *3-бром-1-(4-бром-2-нитрофенил)-1пропанола* (6), масло. Спектр- ПМР(δ , м.д.): 2.15 м (2H, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$), 3.43 м (2H, CH_2Br), 3.33 с (1H, OH), 7.63-7.90 (3H, Ar). ИК -спектр (ν, cm^{-1}): 3260 (OH). Найдено %: С 31.67, Н 2.57. $\text{C}_9\text{H}_9\text{Br}_2\text{NO}_3$. Вычислено %: С 31.80, Н 2.68.

Внутримолекулярные превращения соединений (1-4) во фторсульфоновой кислоте (стандартная методика). Приготовление растворов фторсульфонатов осуществлялось постандартнойметодтке [5]: к 2мл фторсульфоновой кислоты, охлажденной до -50°C , при перемешивании постепенно добавляли 0.0012 моль соединения (1-4). Теипературу повышали до 20°C и проводили спектральные исследования. Соотношение ионов (5,6 и 9-14) определяли по интегральной интенсивности сигналов в спектрах ПМР.

N-оксо-3-(β -бромэтил)-бенз[2,1]изоксазолинийфторсульфонат (5). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.95 м (2H, CH_2Br), 3.95 м (2H, $\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$), 7.25 м (1H, $\text{CH}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 8.25 д (1H_{аром.}, J_o 8.0 Гц), 8.38 т (1H_{аром.}, J_o 8.1 Гц), 8.48 т (1H_{аром.}, J_o 8.0 Гц), 8.55 д (1H_{аром.}, J_o 8.2 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 26.68 т (CH_2Br), 30.15т ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$), 98.15 д ($-\text{CH}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 128.30, 149.33, 1354.95, 124.65, 139.65, 154.39, Ar.

б-Бром-N-оксо-3-(β -бромэтил)-бенз[2,1]изоксазолинийфторсуль-фонат (6). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.95 м (2H, CH_2Br), 3.98 м (2H, $\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$), 7.30 м (1H, $\text{CH}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 8.05 д (1H_{аром.}, J_o 8.0 Гц), 8.62 д.д (1H_{аром.}, J_o 8.15, J_m 1.3 Гц), 8.68 д (1H_{аром.}, J_m 1.3 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 26.44 т (CH_2Br), 30.35 д ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$), 97.90 д ($-\text{CH}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 128.22, 151.28, 129.24, 125.28, 141.33, 153.88, Ar.

3,4-Дигидро-N-оксо-3-бромметил-[2,1]-бензоксазинийфторсуль-фонат(9). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 4.42 д (2H, CH_2Br), 3.84 м (2H, CH_2Ar), 7.14 м (1H, $\text{CH}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 7.74 д

($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.0 Гц), 7.74 т ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.0 Гц), 8.20 т ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.1 Гц), 8.28 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.1 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 25.64 кв (CH_2Br), 30.05 т (CH_2Ar), 97.10 с ($-\text{C}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 130.46, 132.64, 133.70, 140.49, 142.38, 149.23, Ar.

3,4-Дигидро-N-оксо-7-бром-3-бромметил-[2,1]-бензоксазинийфторсульфонат(10).

Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 4.45 д (2H, CH_2Br), 3.86 м (2H, CH_2Ar), 7.25 м (1H, $\text{CH}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 7.62 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.0 Гц), 8.48 д.д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.20, J_m 1.4 Гц), 8.64 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_m 1.4 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 25.28 т (CH_2Br), 28.72 т (CH_2Ar), 102.31 с ($-\text{C}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 122.54, 130.24, 130.17, 139.12, 141.22, 149.17, Ar.

3,4-Дигидро-N-оксо-4-бром-3-метил-[2,1]-бензоксазинийфторсульфонат(11).

Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.98 д (3H, CH_3), 4.55 м (1H, CHAr), 6.25 м (1H, $\text{CH}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 7.75 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.0 Гц), 7.75 т ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.20 Гц), 8.30 т ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.15 Гц), 8.30 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.1 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 16.07 кв (CH_2Br), 48.15 т (CH_2Ar), 97.40 с ($-\text{C}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 130.55, 132.57, 133.87, 140.64, 142.72, 149.44, Ar.

3,4-Дигидро-N-оксо-4,7-дибром-3-метил-[2,1]-бензоксазинийфторсульфонат(12).

Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.05 д (3H, CH_3), 4.65 м (1H, CHAr), 6.28 м (1H, $\text{CH}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$),). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.97 с (6H, 2CH_3), 3.78 с (2H, CH_2Ar), 7.83 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.1 Гц),), 8.42 д.д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.0, J_m 1.5 Гц), 8.60 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_m 1.5 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 17.10 кв (CH_3), 49.05 (CHAr), 97.70 ($-\text{C}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 143.28, 149.24, 124.85, 130.94, 141.05, 138.08, Ar.

N-Оксо-5-бром-[2,1]-бензоксазепинийфторсульфонат (13). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 3.42 м (2H, CH_2-), 4.30 м (1H, CHAr), 6.65 м (2H, $\text{CH}_2-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 8.29 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.1 Гц), 8.34т ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.2 Гц), 8.50 т ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.2 Гц), 8.64 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.2 Гц).

8-Бром-N-оксо-5-бром-бенз[2,1]оксазепинийфторсульфонат (14). Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 3.35 м (2H, CH_2), 4.45 (1H, CHAr), 6.70 м (2H, $\text{CH}_2-\text{O}-\text{N}=\text{O}$), 8.21 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.1 Гц), 8.74 д.д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_o 8.1, J_m 1.4 Гц), 8.73 д ($^1\text{H}_{\text{аром.}}$, J_m 1.4 Гц).

ЛИТЕРАТУРА

1. Газаева Р.А. Синтез о-нитрозоацилбензолов из спиртов и их производных / [Р.А.Газаева, А.Н.Федотов, Е.В.Трофимова, О.А. Попова, С.С.Мочалов, Е.В.Трофимова, Н.С.Зефилов]/ЖОрХ.- 2006.-42(1).- С. 94.
2. Мочалов С.С. Орто-ацилбензонитрилы синтез и гетероциклизация в условиях кислотного гидролиза цианогруппы/ Мочалов С.С., Федотов А.Н., Трофимова Е.В., Зефилов Н.С./ ЖОрХ .- .- 2018.- 49(10).- Р. 403.
3. Мочалов С.С. Циклические ионы из 1-(2-нитрофенил)-3-хлормеркур-1-формилоксипропанов/С.С.Мочалов, С.Г.Бандаев, Ю.С.Шабаров, Н.С.Зефилов/ Металлорг. Химия (МОХ).- 1993.- 6(1).-С. 47.
4. Трофимова Е.В. Бензилциклопропаны в реакции сольво меркурирования/ Е.В.Трофимова, Т.Е.Гулов, А.Н.Федотов, С.Г.Бандаев, С.С.Мочалов/ Вестник МГУ, Серия 2: Химия. -2012.-67 (3).- С.181.
5. Федотов А.Н. Синтези кислотно-катализируемые превращения меркурисольвоаддуктов 2-нитробензилциклопропана. Первые стабильные металлизированные ионы 3, 4-дигидро-п-оксо-2,1-бензоксазиния/А.Н.Федотов, Е.В.Трофимова, Т.Е.Гулов, С.Г.Бандаев, С.С.Мочалов, Н.С. Зефилов/ ЖОрХ .- 2013.- 49(10).- С. 1554.
6. Трофимова Е.В.4Н-3,1-Бензоксазины из бензилциклопропанов. Первый пример кислотно-катализируемой перегруппировки в ряду орто-замещенных бензилцикло-пропанов/Е.В.Трофимова, Б.П.Арчegov, А.Н.Федотов, Р.А.Газзаева, С.С.Мочалов, Н.С.Зефилов/ ХГС.- 2009.- 45(9). – С.1368.
7. Мочалов С.С. Металлизированный циклический катион из аддуктов сольвомеркурирования орто-нитрофенилциклопропана. Изучение его структуры методами ЯМР ^1H и ^{13}C /С.С.Мочалов, С.Г.Бандаев, Ю.С.Шабаров, Н.С. Зефилов/ ДАН СССР.-1991.-321(5). – С. 988.
8. Бандаев С.Г. Замещенные 2-нитрофенилциклопропаны в реакции сопряженного меркурирования/С.Г.Бандаев, Ю.Х.Эшназаров, С.С.Мочалов, Ю.С.Шабаров, Н.С. Зефилов/Металлорг.Химия (МОХ).- 1992.- 5(3). – С. 690.
9. Olah G.A. Stable carbonium ions. XCI/ Carbon-13 nuclear magnetic resonance spectroscopic study of carbonium ions/[G.A.Olah, A.M.White]/J.Am.Chem.Soc. -1969.-91.-P.5801-5810.

REFERENCES LITERATURE

1. Gazzaeva R.A. Synthesis of o-nitrosoacylbenzenes from o-nitrobenzylalcohols and their derivatives / [R.A. Gazzaeva, A.N. Fedotov, E.V. Trofimova, O.A. Popova, S.S. Mochalov, N.S. Zefirov]/Russ. J.Org.Chem. – 2006.-42(1).-P.94.

2. Mochalov S.S. O-Acylbenzotrioles: Synthesis and Heterocyclization under Acid Hydrolysis of the Cyano Group. / [S.S. Mochalov, A.N. Fedotov, E.V. Trofimova, N.S.Zefirov/ Russ.J.Org.Chem.- 2018.- 49(10).- P. 403.
3. Mochalov S.S. Cyclic ions from 1- (2-nitrophenyl) -3-chloromercur-1-formyloxypropanes / S. S. Mochalov, S. G. Bandaev, Yu.S. Shabarov, N.S. Zefirov / Metallorg. Chemistry (MOX). - 1993. - 6 (1). - P. 47.
4. Trofimova E.V. Benzylcyclopropanes in Solvomercuration Reaction / [E.V.Trofimova, T.E.Gulov, A.N.Fedotov, S.G. Bandaev, S.S.Mochalov] / Moscow University Chemistry Bulletin, 2012.- 67(3).-P. 181.
5. Fedotov A.N. Synthesis and Acid-Catalyzed Transformations of Mercurial Solvent Adducts of 2-Nitrobenzylcyclopropane. First Stable Metalated 1-Oxo-3,4-dihydro-1H-2,1-benzoxazinium Ions [A.N. Fedotov, E.V.Trofimova, T.E. Gulov, S.G. Bandaev, S.S. Mochalov, N.S. Zefirov]/Russ. J. Org. Chem.- 2013.- 49(10).-P. 1554.
6. Trofimova E.V. 4h-3,1-benzoxazines from benzylcyclopropanes. First example of acid catalyzed rearrangement in ortho-substituted benzylcyclopropanes /E.V. Trofimova, B.P. Archegov, A.N. Fedotov, R.A. Gazzaeva, S.S. Mochalov, N.S.Zefirov/ Chem. of Heterocyc Com.-2009.- 45(9).-P .1095.
7. Mochalov S.S. Metallized cyclic cation from the adduct of the solvomercuration of ortho-nitrophenylcyclopropane, study of its structure by means of h-1 and c-13 NMR / S.S. Mochalov, S.G.Bandayev, Y.S.Shabarov, N.S. Zefirov /Doklady Akademi nauk SSSR, (Russian Federation).- 1991.- 321 (5).-P.988
8. Bottoni A. Migratory Aptitudes of Simple Alkyl Groups in the Anionotropic Rearrangement of Quaternary Chloromethyl Borate Species: A Combined Experimental and Theoretical Investigation /A.Bottoni, M.Lombardo. Journal of Organic Chemistry.-2003.- 68(9).- P. 3397-405
9. Olah G.A. Stable carbonium ions. XCI/ Carbon-13 nuclear magnetic resonance spectroscopic study of carbonium ions/[G.A.Olah, A.M.White]/J. Am. Chem. Soc. -1969.-91.-P.5801-5810.

ИОНҲОИ ҲАЛҚАГӢ АЗ 1-(2- НИТРОФЕНИЛ)- ВА 1-(4-БРОМ-2-НИТ-РОФЕНИЛ)- 3-БРОМПРОПАНОЛҲО ВА ЭФИРҲОИ МУРАККАБИ ОНҲО

Дар мақола 1-(2- нитрофенил)- ва 1-(4-бром-2-нитрофенил)- 3-бромпропанолҳо ва эфирҳои мураққабии онҳо синтез карда шуда, таъсири онҳо бо кислотаи фторсулфонат омӯхта шуд. Хангоми таъсири байниҳамдигарии 1-(2- нитрофенил)-ва 1-(4-бром-2-нитрофенил)- 3-бромпропанолҳо ё эфирҳои мураққабии онҳо бо FSO₃H дар зинаи асосии реаксия бештар фторсулфонатҳои N-оксо-3-(β-бромэтил)-бенз изоксазолиний ва N-оксо-6-бром-3-(β-бромэтил)-бенз изоксазолиний ҳосил мешаванд. Бо баробари нигоҳ доштани ин ионҳо дар муҳити FSO₃H (20⁰C) табилооти анионотропии онҳо мушоҳида карда мешавад. Дар натиҷа фторсулфонатҳои ҳалқагии 3,4-дигидро-N-оксо-3-бромметил-[2,1]-бензоксазиний, 3,4-дигидро-N-оксо-4-бром-3-метил-бензоксазин ва N-оксо-5-бром-бензоксазепин ҳосил мешаванд. Аз тарафи дигар бромидиони дар ин маврид ҳосилшаванда қобилияти кӯширо дорад, чунки иони карбонии ҳосилшуда метавонад бо ёрии ҳалқаи бензолӣ стабилизатсия шавад. Сохтии онҳои ҳалқагии (5,6) бо ёрии спектрҳои ЯМР¹H ва ¹³C тасдиқи худро ёфтаанд, ки спектрҳои ¹H ва ¹³C ионионҳо бо спектрҳои ¹H ва ¹³C-исулфонатҳои металлонидашудаи N-оксо-3-(β-хлормеркурэтил)-бенз изоксазолин ва аналогҳои металлонидашудаи онҳо, ки пештар тасдиқи худро ёфтаанд, муқоиса карда шудаанд.

Калидвожаҳо: бромдемеркурононидан, орто-нитроалкенилбензолҳо, ионҳои сиклӣ, иони N-оксо-бенз изоксазолин, табилооти анионотропӣ, гузариши зоиерӣ, фторсулфонатҳои N-оксо-бенз изоксазолин, 3,4-дигидро-N-оксо-бенз оксазин ва N-оксо-бенз оксазепин

ЦИКЛИЧЕСКИЕ ИОНЫ ИЗ 1-(2- НИТРОФЕНИЛ)- И 1-(4-БРОМ-2-НИТРОФЕНИЛ)- 3-БРОМПРОПАНОЛОВ И ИХ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ

В настоящей работе нами синтезированы 1-(2- нитрофенил)- и 1-(4-бром-2-нитрофенил)- 3-бромпропанолы и их сложные эфиры и изучены их поведение во фторсульфоновой кислоте. При взаимодействии 1-(2-нитрофенил)и1-(4-бром-2-нитрофенил)-3-бромпропанолов, или их сложных эфиров с FSO₃H на кинетически контролируемой стадии в преобладающем количестве образуются фторсульфонаты N-оксо-3-(β-бромэтил)-бенз [2,1] изоксазолиния и N-оксо-6-бром-3-(β-бромэтил)-бенз изоксазолиния, соответственно. По мере выдерживания этих ионов в FSO₃H при 20⁰C наблюдается анионотропные превращения последних и, как следствие, возникновение циклических фторсульфонатов 3,4-дигидро-N-оксо-3-бромметил-бензоксазиния, 3,4-дигидро-N-оксо-4-бром-3-метил [2,1]-бензоксазиния и N-оксо-5-бром-бензоксазепиния. С другой стороны, образующийся в данном случае бромид ион способен к миграции так как при этом карбониевый ион может быть стабилизирован бензольным кольцом. Строение циклических ионов (5-6) подтверждалось данными спектров ЯМР ¹H и ¹³C и сопоставлением характеристических химических сдвигов сигналов ¹H и ¹³C этих ионов с соответствующими параметрами металлированного фторсульфоната N-оксо-3-(β-хлормеркурэтил)-бенз[2,1]изоксазолиния и его неметаллированного аналога, строение которых было строго доказано ранее.

Ключевые слова: бромдемеркурирование, орто-нитроалкенилбензолы, циклические ионы, ионы N-оксо-бенз изоксазолиния, анионотропные превращения, изомерный переход, фторсульфонаты N-оксо-бенз изоксазолиния, 3,4-дигидро-N-оксо-бенз оксазиния и N-оксо-бенз оксазепиния

CYCLIC IONS FROM 1-(2 - NITROPHENYL)- AND 1 - (4-BROMO-2-NITROPHENYL) - 3-BROMOPROPANOLS AND THEIR ESTERS

In this work, we synthesized 1-(2 - nitrophenyl)- and 1 - (4-bromo-2-nitrophenyl)-3-bromopropanols or their esters and their behavior in fluorosulfonic acid was studied. When interacting with 1-(2-nitrophenyl)-and 1-(4-bromo-2-nitrophenyl)-3-bromopropanols, or their esters with FSO₃H at a kinetically controlled stage, n-oxo-3-(β-bromoethyl)-Benz[2,1] isoxazolinium and N-oxo-6-bromo-3-(β-bromoethyl)-Benz[2,1] isoxazoline fluoro sulfonates are formed in predominant amounts, respectively. As keeping these ions in FSO₃H at 200C anisotropies observed the transformation of the latter and, as a consequence of cyclic PERSULPHATES 3,4-dihydro-N-oxo-3-bromomethyl-[2,1]-benzoxazine, 3,4-dihydro-N-oxo-4-bromo-3-methyl-benzoxazine and N-oxo-5-bromo-[2,1]-benzoxazepine. On the other hand, the bromide ion formed in this case is capable of migration, since the carbonium ion can be stabilized by a benzene ring. The structure of cyclic ions (5-6) was confirmed by data from the ¹H and ¹³C NMR spectra and by comparing the characteristic chemical shifts of the ¹H and ¹³C signals of these ions with the corresponding parameters of n-oxo-3-(β-chloromercurethyl)-Benz[2,1]isoxazolinium and its non-metallic analog, the structure of which was strictly proved earlier.

Keywords: bromodemercurations, ortho-nitroalkenylbenzenes, cyclic ions, N-oxo-Benz isoxazolinium ions, anionotropic transformations, isomer transition, n-oxo-Benz isoxazoliniumfluorosulfonates, 3,4-dihydro-N-oxo-Benz oxazinium and N-oxo-Benz oxazepinium, ¹H and ¹³C NMR spectra. In this work, we synthesized 1-(2 - nitrophenyl)- and 1 - (4-bromo-2-nitrophenyl)-3-bromopropanols or their esters and their behavior in fluorosulfonic acid was studied.

Маълумоти дар бораи муаллифон: *Гулов Тоир Ёрович* – Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни, номзади илмҳои химия, дотсент, мудири кафедраи химияи органикӣ ва биологӣ. **Суроға:** 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, шаҳри Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **Тел.:** 907 80 70 10
Бандаев С.Г. – Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни, доктори илмҳои химия, профессори кафедраи химияи органикӣ ва биологӣ. **Суроға:** 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, шаҳри Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **Тел.:** 907 74 74 09

Федотов А.Н. – Донишгоҳи давлатии Москва ба номи М.В.Ломоносов, номзади илмҳои химия, ходими калони илмии лабораторияи илмӣ-тадқиқотии синтези органикӣ. **Суроға:** 119991. Москва, Ленинские горы. **E-mail:** fed@org.chem.msu.ru

Мочалов С.С. – Донишгоҳи давлатии Москва ба номи М.В.Ломоносов, доктори илмҳои химия, дотсенти кафедраи химияи тиббӣ ва синтези маҳини органикӣ. **Суроға:** 119991. Москва, Ленинские горы. **E-mail:** fed@org.chem.msu.ru

Сведения об авторах: *Гулов Тоир Ёорович* - Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айни, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой органической и биологической химии. **Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121. **Тел.:** 907 80 70 10

Бандаев С.Г. – Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айни, доктор химических наук, профессор органической и биологической химии. **Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121. **Тел.:** 907 74 74 09.

Федотов А.Н. – МГУ им. М.В. Ломоносова. Кандидат химических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории органического синтеза. **Адрес:** 119991, г. Москва, Ленинские горы. **E-mail:** fed@org.chem.msu.ru

Мочалов С.С. – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, доктор химических наук, доцент кафедры медицинской химии и синтеза органических машин. **Адрес:** 119991. Москва, Ленинские горы. **E-mail:** fed@org.chem.msu.ru

Information about the authors: *Gulov Toir Yorovich* – Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Aini, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Organic and Biological Chemistry. **Address:** 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki avenue, 121. **Tel.:** 907 80 70 10

Bandaev S.G. - Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Aini, Doctor of Chemistry, Professor of Organic and Biological Chemistry. **Address:** 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki avenue, 121. **Phone:** 907 74 74 09.

Fedotov A.N. – Moscow State University named after M.V. Lomonosov. Candidate of Chemical Sciences, Senior Research Fellow, Organic Synthesis Research Laboratory. **Address:** 119991. Moscow, Leninskie Gory. **E-mail:** fed@org.chem.msu.ru

Mochalov S.S. – Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Doctor of Chemistry. Associate Professor of Medical Chemistry and Synthesis of Organic Machines. **Address:** 119991. Moscow, Leninsky Mountains. **E-mail:** fed@org.chem.msu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОЛИЗА ОКСОХЛОРО - N – АЦЕТИЛТИОМОЧЕВИННОГО КОМПЛЕКСА РЕНИЯ (V)*Низомов М.М., Курбонова Ф.Ш., Сафаров С.И.***Таджикский национальный университет**

Термический анализ является одним из важнейших методов исследования координационных соединений. Используются множество методов для расчета кинетических параметров реакции термолита с учётом кривых ТГ, ДТГ и ДТА [1]. Процессы термолита координационных соединений изложены в монографии [2], где обсуждаются основные типы твердофазных термических превращений комплексов металлов. Также показано влияние природы металла, способа координации и стехиометрии на кинетику и механизм их термического превращения. В работе [3] приведен обширный экспериментальный материал по термическим превращениям координационных соединений в твердой фазе. Для комплексов ряда переходных металлов исследованы процессы их термолита с использованием данных кривых ТГ, ДТГ и ДТА. Кинетические параметры реакций разложения были определены методом Коутса – Редферна [4]. Авторами [5-8] изучена термическая устойчивость тиомочевин и некоторых её комплексных соединений. Установлено, что при координации термическая устойчивость тиомочевин уменьшается. В работе [9] термогравиметрическими исследованиями комплексов рения (V) с фенилтиомочевинной, этилфенилтиомочевинной и дифенилтиомочевинной показано, что для всех синтезированных комплексов в области температур 100-140⁰С наблюдается эндоэффект, связанный с потерей массы кристаллизационной воды. Аманджановым А.А. и др. приведены данные по синтезу и исследованию процесса термолита комплекса рения (V) с 2-этил -1,3,4-тиадиазолом [10]. С использованием уравнений Коутса – Редферна [4] и Хоровица-Мецгера [11] рассчитаны кинетические параметры процесса термолита оксохлоро-2-этил-1,3,4-тиадиазольного комплекса рения (V). Авторами работы [12] приведены данные по исследованию процессов термического превращения координационных соединений меди (II) с N-ацетилтиомочевинной. Показано, что в области температур 373-1000⁰С происходят сложные физико-химические процессы, сопровождающиеся резким изменением массы комплекса, а также выделением большого количества газообразных веществ под влиянием температуры. Автором работы [13] приведены данные об исследовании процесса термолита комплексных соединений рения (V) с производными тиомочевин. Показано, что процесс термолита гидрокоскомплексов рения (V) с 2-пиридилтиомочевинной протекает через стадию образования димерных соединений с кислородным мостиком. В работе [14] приведены данные по исследованию процесса термолита тиоцианатного комплекса рения (V) с 1-ацетил-4-метилтиосемикарбазидом.

Цель настоящей работы – синтез оксохлоро – N – ацетилтиомочевинного комплекса рения (V), исследование его термического разложения и определение термодинамических характеристик процесса термолита.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Синтез комплексного соединения $[ReOCl_3L_2] \cdot 2H_2O$. К 50 мл 0,097 моль/л раствора $H_2[ReOCl_5]$ в 6 моль/л HCl при перемешивании добавляли 2,86 г тонкоизмельченной N – ацетилтиомочевин. После 6 – часового перемешивания выпавший осадок тёмно – коричневого цвета отфильтровали, промыли 6 моль/л HCl (50 мл), эфиром (50 мл). Синтезированное соединение высушивали в вакуум – эксикаторе над твёрдым КОН до постоянной массы. Выход комплекса составил 80% от теоретических расчетов.

Найдено, %: Re – 31,3; Cl 18,0; S -10,7; N-9,2; C-12,8; H-3,2.

Вычислено, %: Re – 32,0; Cl 18,34; S -11,02; N-9,64; C-12,40; H-2,07.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Исследования показали, что комплексное соединение тёмно – коричневого цвета состава $[ReOCl_3L_2] \cdot 2H_2O$ при соотношении Re(V):L=1:5 образуется с достаточно хорошим выходом. Комплекс растворим в ДМФА, ДМСО и ацетоне. В среде ацетона данный комплекс при концентрации равной $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л и температуре 25⁰С имеет молярную электрическую проводимость, соответствующую соединениям неэлектролитного типа. Этот экспериментальный факт является доказательством нахождения хлоридных ионов во внутренней сфере координационного соединения. В среде диметилформаида комплекс имеет значение молярной электрической проводимости соответствующей электролитам

типа 1:1. Вероятней всего, молекула диметилформаида, которая обладает высокими донорными свойствами, из внутренней сферы комплекса вытесняет один хлоридный ион. На основе ИК – спектроскопических исследований доказана монодентатная координация N – ацетилтиомочевины к рению (V) посредством атома серы тионной группы. Сохранность степени окисления рения в синтезированном комплексном соединении доказана потенциометрическим титрованием раствора комплекса дихроматом калия. Для исследования процесса термолитза комплексного соединения рения (V) с N – ацетилтиомочевинной были использованы кривые ТГ, ДТГ и ДТА. Дериватограмма комплексного соединения рения (V) с N – ацетилтиомочевинной состава $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ приведена на рисунке 1.

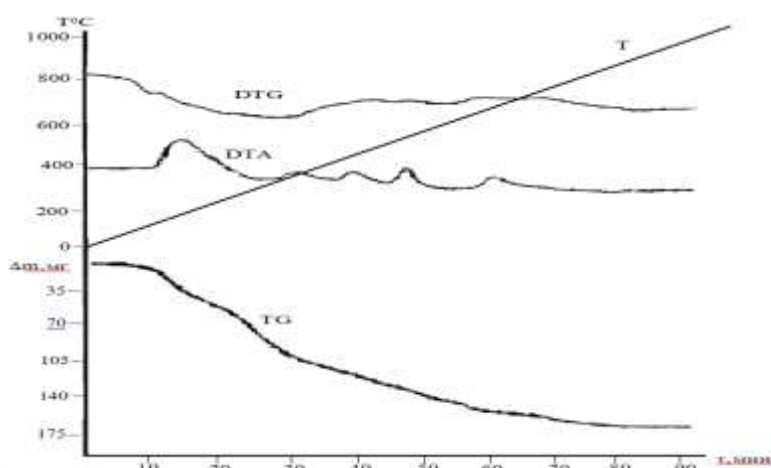
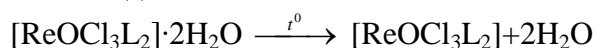


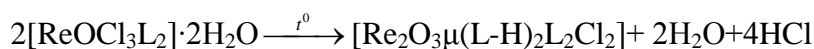
Рисунок 1. Дериватограмма хлоридного комплекса состава $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, где L – N- ацетилтиомочевина

Figure 1. Derivatogram of the chloride complex composition $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, where L is N-acetylthiourea

Из рисунка 1 видно, что первая ступень термолитза комплекса $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ охватывает интервал температур 654,97-775,14К. По данным кривой ТГ на этом участке происходит уменьшение массы комплекса на 21,21%, что вероятно связано с удалением двух молей кристаллизационной воды.



Вторая стадия термолитза протекает в интервале температур 775,14-886,73К. По данным кривой ТГ на этой стадии комплекс теряет 22,73% от общей массы. Для этой стадии термолитза предположительно можно предложить следующую реакцию:



Третья стадия термолитза комплекса охватывает интервал температур 886-1041К. По данным кривой ТГ на этой стадии комплекс теряет 13,64% от общей массы. Предположительно на этой стадии термолитза происходит разложение координированных молекул лиганда с образованием тиоцианатного лиганда, а хлоридные ионы, присоединяя протоны от молекулы органического лиганда, улетучиваются в виде HCl. В интервале температур 1041-1208К (четвертая стадия термолитза) комплекс теряет 11,36% от общей массы, что соответствует удалению вещества с молекулярной массой 65,94г/моль.

Для проведения кинетических расчётов процесса термолитза комплекса состава $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ были использованы кривые ТГ и ДТГ. При этом кривая ТГ (с учетом данных кривой ДТГ) была разделена на соответствующие участки и интервалы температур. Для каждого участка определяли $\Delta m_i/\Delta m_{\text{общ}}$ и вычисляли долю разложившегося вещества к моменту времени τ . В таблице 1 приведены характеристики процесса термолитза комплекса состава $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ по данным кривых ТГ и ДТГ.

Таблица 1. Кинетические характеристики процесса термоллиза комплекса состава $[ReOCl_3L_2] \cdot 2H_2O$, где L – N – ацетилтиоимочевина
Table 1. Kinetic characteristics of the thermolysis process of the complex with the composition $[ReOCl_3L_2] \cdot 2H_2O$, where L - N - acetylthiourea

Участок термоллиза и потеря массы	T _{нач.}	T _{max}	T _{кон.}	m ₀	Δm _i	m _i	α _i	T _i	1/T _i	θ
I Δm=21,21 мг	654,9 7	719,3 5	775,14	100	3,03	96,97	0,14	685,02	0,001459	-34,33
					9,09	90,91	0,43	710,77	0,001406	-8,58
					12,88	87,12	0,61	732,23	0,001366	12,88
					15,91	84,09	0,75	753,69	0,001333	34,34
II Δm=22,73 мг	775	831	887	78,7 9	7,58	71,21	0,33	800,89	0,001249	-30,05
					12,88	65,91	0,57	818,06	0,001222	-12,88
					17,43	61,36	0,77	848,11	0,001179	+17,17
					20,46	58,33	0,90	860,98	0,001161	+30,04
III Δm=13,64 мг	886,7 3	972,5 7	1041,2 4	56,0 6	3,03	53,03	0,22	916,78	0,001091	-55,79
					6,06	50,00	0,44	955,40	0,001047	-17,17
					8,33	47,73	0,61	985,45	0,001015	+12,88
					11,37	44,69	0,83	1019,78	0,000981	+47,21
IV Δm=11,36 мг	1041, 24	1122, 78	1208,6 2	42,4 2	2,27	40,15	0,20	1075,57	0,000919	-47,21
					5,30	37,12	0,47	1101,33	0,000908	-21,78
					6,06	36,36	0,53	1139,95	0,000877	+17,17
					6,82	35,60	0,60	1165,70	0,000858	+42,92

Для расчета кинетических характеристик термоллиза использовали уравнения Коутса – Редферна [4], которые имеют следующий вид:

$$\ln \left[\frac{1 - (1 - \alpha)^{1-n}}{(1-n)T^2} \right] = \frac{-E}{RT} + \ln \left[\frac{AR}{\Phi E} \right] \quad \text{для } n \neq 1 \quad (1)$$

$$\ln \left[\frac{-\ln(1 - \alpha)}{T^2} \right] = \frac{-E}{RT} + \ln \left[\frac{AR}{\Phi E} \right] \quad \text{для } n = 1 \quad (2)$$

где α – степень превращения комплекса при заданной температуре, T(K); R – универсальная газовая постоянная; E – энергия активации (кДж/моль); Φ – скорость нагрева. Подставляя в левую часть уравнений (1) и (2) вычисленные величины α строили график зависимости $\ln \left[\frac{1 - (1 - \alpha)^{1-n}}{1-n} \right] = f\left(\frac{1}{T}\right)$.

Расчеты также были проведены с использованием уравнения Хоровица – Мецгера [11]:

$$\ln \left[\frac{1 - (1 - \alpha)^{1-n}}{1-n} \right] = \ln \frac{ART_s^2}{\phi E} - \frac{E}{RT_s} + \frac{E\theta}{RT_s^2} \quad \text{для } n \neq 1 \quad (3)$$

$$\ln[-\ln(1 - \alpha)] = \frac{E\theta}{RT_s^2} \quad \text{для } n = 1 \quad (4)$$

где: θ = T - T_s; T_s - температура пика ДТГ.

Определив угол наклона φ – прямой линии (рис. 2) вычисляли значение E согласно уравнению E=-RTφ. Величину A (с⁻¹) (константу Аррениуса) определяли по отрезку прямой линии, отсекающей ось ординаты (табл. 1).

Построив график зависимостей левой части уравнений (3), (4) от Θ (рис.3) определяли угол наклона φ , а затем вычисляли значение E согласно уравнению $E = -RT\varphi$. Константу Аррениуса A (c^{-1}) определяли по отрезку отсекаемому на оси ординат (табл. 2). Коэффициент корреляции r^2 вычисляли с использованием метода наименьших квадратов для уравнений (1), (2), (3) и (4).

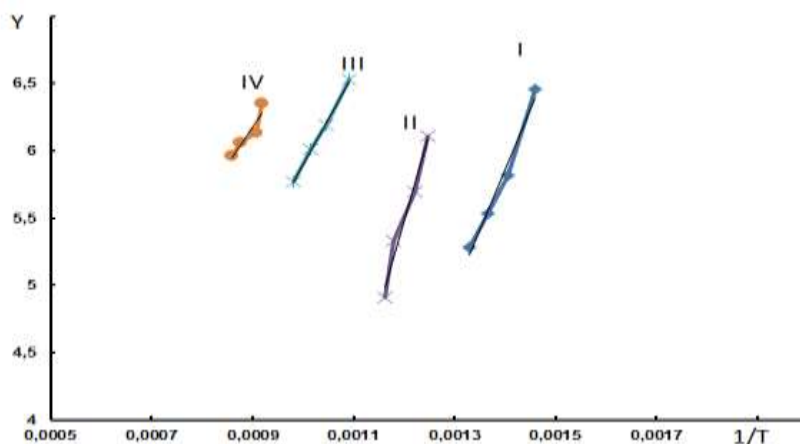


Рисунок 2. Зависимость $\ln\left[\frac{1-(1-\alpha)^{1-n}}{1-n}\right] = f\left(\frac{1}{T}\right)$ для процесса термоллиза комплекса рения (V) с N -ацетилтиомочевинной состава $[ReOCl_3L_2] \cdot 2H_2O$. I-IV соответствующие участки термоллиза

Figure 2. Dependence $\ln\left[\frac{1-(1-\alpha)^{1-n}}{1-n}\right] = f\left(\frac{1}{T}\right)$ for the thermolysis of the rhenium (V) complex with N -acetylthiourea with the composition $[ReOCl_3L_2] \cdot 2H_2O$

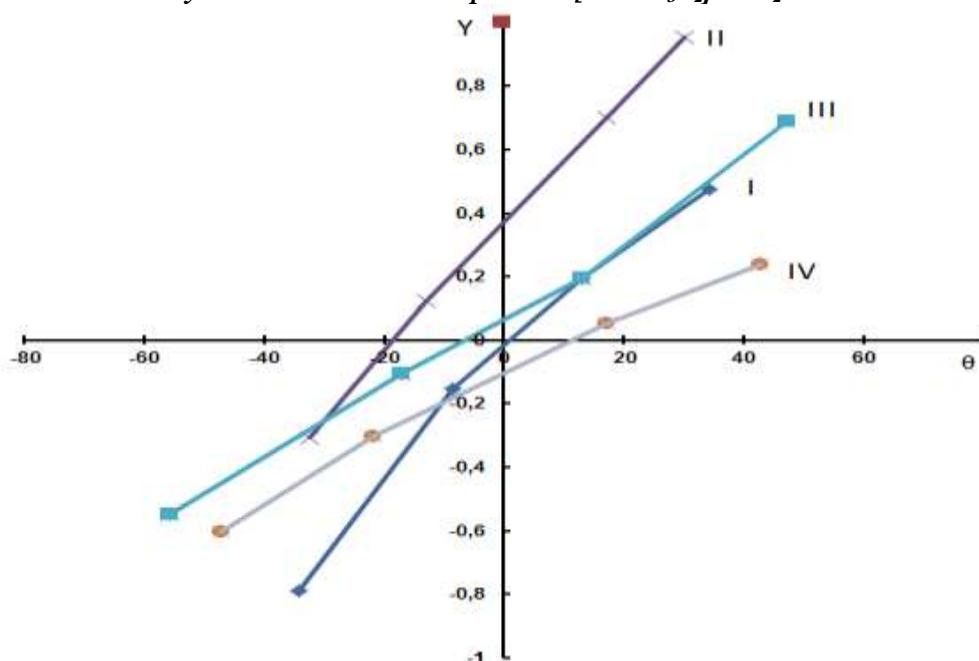


Рисунок 3. Зависимость $\ln\left[\frac{1-(1-\alpha)^{1-n}}{1-n}\right] = f(\theta)$ для процесса термоллиза комплекса состава $[ReOCl_3L_2] \cdot 2H_2O$, где $L - N$ - ацетилтиомочевина. I-IV соответствующие участки термоллиза

Figure 3. Dependence $\ln \left[\frac{1 - (1 - \alpha)^{1-n}}{1 - n} \right] = f(\theta)$ for the thermolysis process of the complex

with the composition $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, where L - N is acetylthiourea. I-IV corresponding sites of thermolysis

Найденные на основании данных рисунков 2 и 3 значения величин энергии активации (E) и константы Аррениуса (A) были использованы для расчета термодинамических функций. Величины ΔS , ΔH и ΔG рассчитывали с помощью уравнений приведенных в работе [15].

Таблица 2. Значения термодинамических функций процесса термоллиза комплекса $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, где L - N - ацетилтиомочевина
Table 2. Values of thermodynamic functions of the thermolysis process of the $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ complex, where L - N is acetylthiourea

Участок термоллиза	Расчеты по уравнению	E, кДж/моль	ΔH , кДж/моль	ΔG , кДж/моль	ΔS , Дж/К·моль	A, с ⁻¹
I	К.Р.	74,99	69,02	97,79	-0,040	$1,03 \cdot 10^{10}$
	Х.М.	77,94	71,97	91,39	-0,027	$2,88 \cdot 10^{10}$
II	К.Р.	104,53	97,63	109,84	-0,0147	$1,02 \cdot 10^{13}$
	Х.М.	110,86	103,96	122,24	-0,022	$7,94 \cdot 10^{13}$
III	К.Р.	56,01	47,94	151,03	-0,106	$1,56 \cdot 10^2$
	Х.М.	64,19	56,12	150,46	-0,097	$9,15 \cdot 10^4$
IV	К.Р.	75,65	66,33	158,40	-0,082	$1,79 \cdot 10^2$
	Х.М.	80,34	71,02	176,56	-0,094	$4,47 \cdot 10^4$

На основе проведенных исследований по изучению процесса термоллиза комплексного соединения рения (V) с N – ацетилтиомочевинной состава $[\text{ReOCl}_3\text{L}_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ предложены по – стадийные реакции, протекающие при термоллизе комплекса. Рассчитаны термодинамические функции процесса термоллиза с помощью уравнений Коутса – Редферна и Хоровица – Мецгера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логвиненко, В.А. Термический анализ координационных соединений и клатратов / В.А. Логвиненко. - Новосибирск: Наука СО, 1982. – 128с.
2. Кукушкин, Ю.Н. Термоллиз координационных соединений / Ю.Н. Кукушкин, О.Ф. Ходжаев. – Ташкент: Фан, 1986. – 197с.
3. Кукушкин, Ю.Н. Термические превращения координационных соединений в твердой фазе / Ю.Н. Кукушкин, Ф.В. Буданова, Г.Н. Седова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. – 178 с.
4. Coats, A.W. Kinetic parameters from thermogravimetric data. / A.W. Coats, J.P. Redfern // Anal. Chem. -1964. – V.201. – P.68
5. Ходжаев, О.Ф. Изучение ацетатодитиокарбамида кобальта методами ИК – спектроскопии и дериватографии/О.Ф. Ходжаев, С.А. Юсупова, Д.Эргашбаев [и др.] // Узб. хим. журн. – 1976. -№4. –С.3
6. Сахарова Ю.Г. Термическая устойчивость тиокарбамидных комплексных соединений тербия, диспрозия, гольмия и эрбия / Ю.Г. Сахарова, Н.Н. Сахарова, Г.М. Борисова // Журн.неорган.химии. – 1975. –Т.20. - №2. – 359 с.
7. Борисова Г.М. О термическом разложении тиокарбамидных комплексных соединений тулия, иттербия, лутеция и иттрия / Г.М. Борисова, Ю.Г. Сахарова // Журн.неорган.химии. – 1975. –Т.20.-№7. –С.1806.
8. Сахарова Ю.Г. Термическая устойчивость тиокарбамидных соединений неодима, самария, европия и гадолиния / Ю.Г. Сахарова, Г.М. Борисова // Журн. неорган. химии. -1976. –Т.21. -№1. –С. 76-83.
9. Фадеева Н.В. Исследование комплексообразования рения (V) с тиомочевинной и ее производными. Автореферат дисс....канд.хим.наук. / Н.В.Фадеева. Ленинград. 1973. – 15 с.
10. Амиджанов А.А. Синтез и исследование процесса термоллиза оксохлоро-2-этил-1,2,4 – триазазольного комплекса рения (V) / А.А. Амиджанов, Г.Абделрахман, Н.Г. Кабиров // Изв. АН РТ Отдел физ.-мат., хим, геол. и техн. наук. -2011. -№2(143). –С.80-87.
11. Давлатова Х.С. Исследование процессов термического превращения координационных соединений меди (II) с N – ацетилтиомочевинной. / Давлатова Х.С., Азизкулова О.А., Джурабеков У.М. // Вестник таджикского национального университета. -2018. - №4. – С.197-202.

12. Horowitz, H. Thermoanalytical Investigation of Terazolin Hydrochloride / H. Horowitz, G. Metzger // *Anal. Chem.* -1963. -V.35. -P.1464.
13. Махмуд Мохамед Мошали Комплексные соединения рения (V) с производными тиомочевинны. Автореферат дисс....канд.хим.наук. Иваново. 1992. - 24 с.
14. Курбонова Ф.Ш. Исследование процесса термолитза тиоцианатного комплекса рения (V) с 1 - ацетил - 4 - метилтиосемикарбазидом / Ф.Ш. Курбонова, А.С. Содатдинова, С.И. Сафаров // *Вестник таджикского национального университета.* -2018. - №4. - С.189-196.
15. Chakravorti M.C. Khenium. - *J.Indian Chem. Soc.* - 1963. - V.47. - P.338.

REFERENCES LITERATURE

1. Logvinenko V.A. Thermal analysis of coordination compounds and clathrates / V.A. Logvinenko. - Novosibirsk: Science SO, 1982. - 128 p.
2. Kukushkin, Y.N. Thermolysis of coordination compounds / Y.N. Kukushkin, O.F. Khodzhaev. - Tashkent: Fan, 1986. - 197 p.
3. Kukushkin Y.N. Thermal transformations of coordination compounds in the solid phase / Y.N. Kukushkin, F.V. Budanova, G.N. Sedova. - L.: Publishing house of Leningrad State University, 1981. - 178 p.
4. Coats A.W. Kinetic parameters from thermogravimetric data. / A.W. Coats, J.P. Redfern // *Anal. Chem.* - 1964. - V.201. - P.68
5. Khodzhaev O.F. Study of cobalt acetate dithiocarbamide by IR spectroscopy and derivatography / O.F. Khodzhaev, S.A. Yusupova, D. Ergashbaev [and others] // *Uzbek. chem. zhurn.* - 1976. -№4. - С.3
6. Sakharova Y.G. Thermal stability of thiocarbamide complex compounds of terbium, dysprosium, holmium and erbium / Y.G. Sakharova, N.N. Sakharova, G.M. Borisova // *Journal of Inorganic Chemistry.* - 1975. -T.20. - No. 2. - 359 p.
7. Borisova G.M. Thermal decomposition of thiocarbamide complex compounds of thulium, ytterbium, lutetium and yttrium / G.M. Borisova, Y.G. Sakharova // *Journal of Inorganic Chemistry.* - 1975. -T.20.- №7. - P.1806.
8. Sakharova Y.G. Thermal stability of thiocarbamide compounds of neodymium, samarium, europium and gadolinium / Y.G. Sakharova, G.M. Borisov // *Zh. inorgan. chemistry.* -1976. -T.21. -№1. -FROM. - P.76-83.
9. Fadeeva N.V. Investigation of the complexation of rhenium (V) with thiourea and its derivatives. Abstract of dissertation.... Candidate of chemical sciences. / N.V. Fadeeva. Leningrad. 1973. - 15 p.
10. Amindzhanov A.A. Synthesis and study of the thermolysis process of oxochloro-2-ethyl-1,2,4-thiadiazole complex of rhenium (V) / A.A. Amindzhanov, G. Abdelrahman, N.G. Kabirov // *Izv. AS RT Department of Phys.-Math., Chem, Geol. and tech. sciences.* -2011. -No.2 (143). -P.80-87.
11. Davlatova Kh.S. Investigation of the processes of thermal conversion of coordination compounds of copper (II) with N - acetylthiourea. / Davlatova Kh.S., Azizkulova O.A., Dzhurabekov U.M. // *Bulletin of the Tajik National University.* -2018. - No. 4. - P. 197-202.
12. Horowitz, H. Thermoanalytical Investigation of Terazolin Hydrochloride / H. Horowitz, G. Metzger // *Anal. Chem.* -1963. -V.35. - P.1464.
13. Mahmoud Moshali Moshali Complex compounds of rhenium (V) with thiourea derivatives. Abstract of dissertation.... Candidate of chemical sciences. Ivanovo. 1992. - 24 p.
14. Kurbonova F.Sh. Investigation of the thermolysis process of the thiocyanate complex of rhenium (V) with 1 - acetyl - 4 - methylthiosemicarbazide / F.Sh. Kurbonova, A.S. Sodatdinova, S.I. Safarov // *Bulletin of the Tajik National University.* -2018. - No. 4. - P. 189-196.
15. Chakravorti M.C. Khenium. - *J. Indian Chem. Soc.* - 1963. - V.47. - P.338.

ТАҲҚИҚИ РАВАНДИ ТЕРМОЛИЗИ ПАЙВАСТИ ОКСОХЛОРИДИИ РЕНИЙ (V) БО N - АТСЕТИЛТИОМОЧЕВИНА

Дар мақола раванди термолитза пайвасти оксохлоридии рений (V) бо N-атсетилтиомочевина омӯхта шуд. Нишон дода шуд, ки дар зинаи якуми пайвасти комплексӣ 21,21% - и массаи худро гум мекунад, ки он эҳтимол аст ба ҷудошавии молекулаҳои оби кристаллизатсионӣ алоқамандӣ дошта бошад. Маълум карда шуд, ки дар ҳудуди ҳароратҳои 775,14-886,73K пайвасти комплексӣ 22,73% массаи худро гум мекунад, ки он ба нестшавии моддаи дорои массаи молекулавии 131,95г/мол алоқаманд аст. Эҳтимол аст, дар ин зинаи раванди термолитза депротонизатсияи ду мол лиганди органикӣ ба амал меояд, ки онҳо ба таври купрукӣ ду атоми ренийро пайваст мекунад. Маълум карда шуд, ки зинаи сеюми термолитза дар ҳудуди ҳароратҳои 886-1041K ба амал меояд. Дар ин зинаи термолитза пайвасти комплексӣ 13,64% массаи худро гум мекунад. Дар ин ҳудуди ҳарорат таҷзияи молекулаҳои координатсияшудаи лиганд ба амал омада лиганди тиосианитӣ ҳосил мешавад, ионҳои хлорид бошанд, протонҳоро пайваст намуда дар намуди HCl бухор мешаванд. Ҳисоби характеристикаҳои термодинамикии ҳамаи зинаҳои термолитза бо истифода аз муодилаи Коутс-Редфер ва Хоровитс-Метсгер гузаронида шуд. Бо истифода аз бузургҳои энергияи фаълнокии ёфташуда собитаи Аррениус (A, с⁻¹) ҳисоб карда шуд.

Калидвожаҳо: рений (V) – N – ацетилтиомочевина – термолиз – лиганд – таҷзия – характистикаҳои термодинамикӣ – собитаи Аррениус.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОЛИЗА ОКСОХЛОРО - N – АЦЕТИЛТИОМОЧЕВИННОГО КОМПЛЕКСА РЕНИЯ (V)

Исследован процесс термолиза оксохлоро -N- ацетилтиомочевинного комплекса рения (V). Показано, что на первой стадии термопревращения комплекс теряет 21,21% от общей массы, что вероятно соответствует удалению двух молей кристаллизационной воды из состава комплекса. Установлено, что в интервале температур 775,14-886,73K комплекс теряет 22,73% от общей массы, что соответствует удалению из состава соединения вещества с молекулярной массой равной 131,95г/моль. Предположительно на этой стадии процесса термолиза происходит депротонизация двух молей органического лиганда, которые становятся мостиковыми, соединяющими два атома рения. Выявлено, что третья стадия термолиза охватывает интервал температур 886-1041K. При этом на этой стадии комплекс теряет 13,64% от общей массы. Предположительно в этом интервале температур происходит разложение координированных молекул лиганда с образованием тиоцианатного лиганда, а хлоридные ионы, присоединяя протоны, улетучиваются в виде HCl. Проведен расчет термодинамических характеристик для всех стадий термопревращения с помощью уравнений Коутса – Редферна и Хоровица – Мецгера. С использованием рассчитанных значений энергии активации ($E_{акт.}$, кДж/моль) был проведен расчет константы Аррениуса (A , s^{-1}).

Ключевые слова: рений(V) – N- ацетилтиомочевина - термолиз – лиганд – разложение – термодинамические характеристики – константа Аррениуса.

RESEARCH OF THE PROCESS OF THERMOLYSIS OF OXOCHLORO - N - ACETYLTHIUREA RHENIUM (V) COMPLEX

The process of thermolysis of the oxochloro-N-acetylthiourea complex of rhenium (V) was investigated. It was shown that at the first stage of thermal transformation, the complex loses 21.21% of the total mass, which probably corresponds to the removal of two moles of water of crystallization from the complex. It was found that in the temperature range 775.14-886.73K the complex loses 22.73% of the total mass, which corresponds to the removal of a substance with a molecular weight of 131.95 g / mol from the compound. Presumably, at this stage of the thermolysis process, deprotonization of two moles of the organic ligand occurs, which become bridging, connecting two rhenium atoms. It was revealed that the third stage of thermolysis covers the temperature range 886-1041K. At this stage, the complex loses 13.64% of the total mass. Presumably, in this temperature range, the decomposition of coordinated ligand molecules with the formation of a thiocyanate ligand occurs, and chloride ions, attaching protons, volatilize in the form of HCl. The calculation of thermodynamic characteristics for all stages of thermal transformation is carried out using the Coates - Redfern and Horowitz - Metzger equations. Using the calculated values of the activation energy ($E_{act.}$, KJ / mol), the Arrhenius constant (A , s^{-1}) was calculated.

Keywords: rhenium (V) - N-acetylthiourea - thermolysis - ligand - decomposition - thermodynamic characteristics - Arrhenius constant.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Низомов Муhibулло Махмадрозиқович* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, магистранти курси 2-юми кафедраи химияи аналитикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17.

Қурбонова Фирӯза Шамсуллоевна – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, номзади илмҳои химия, дотсенти кафедраи химияи аналитикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** kurbonova-81@mail.ru. **Тел:** + 992 001 44 29 92

Сафаров Саймуҳаммад Исломович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ассистенти кафедраи химияи аналитикӣ факултети химияи **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** saimuhamad@mail.ru. **Тел.:** +992 918-26-55-35

Сведения об авторах: *Низомов Муhibулло Махмадрозиқович* – Таджикский национальный университет магистр 2-го курса кафедры аналитической химии. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17.

Қурбонова Фирӯза Шамсуллоевна – Таджикский национальный университет, к.х.н., доцент кафедры аналитической химии **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** kurbonova-81@mail.ru. **Тел.:** +99200-144-29-92

Сафаров Саймуҳаммад Исломович – Таджикский национальный университет, ассистент кафедры аналитической химии химического факультета ТНУ. г. Душанбе, пр. Рудаки, 17. **E-mail:** saimuhamad@mail.ru. **Тел.:** +992 918-26-55-35

Information about authors: *Nizomov Mukhibullo Makhmadrozikovich* – Tajik National University, 2nd year master of the Department of Analytical Chemistry. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17.

Kurbonova Firuza Shamsulloevna – Tajik National University, candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Analytical Chemistry. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** kurbonova-81@mail.ru. **Phone:** + 992 001 44 29 92

Safarov Saymukhammad Isломovich – Tajik National University, Assistant of the Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** saimuhamad@mail.ru. **Phone:** +992 918-26-55-35

СТРОЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМОЙ ФРАКЦИИ ПЕКТИНОВЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

*Джонмуродов А.С.,¹ Икромии Х.И., Усманова С.Р., Холов Ш.Ё., Насриддинов А.С., *Мухидинов З.К.,² Strahan G.D.*

Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан,

¹Технологический Университет Таджикистана

²Восточный региональный научно-исследовательский центр

Госдепартамента США по сельскому хозяйству

Пектиновые полисахариды (ПП) представляют собой сложные гетерополисахариды, включающие различные полимерные цепи из гомогалактуронана (HG), рамногалактуронана 1 (RG I), рамногалактуронана 2 (RG II), арабиногалактана (AG), ксилогалактуронана (XG) и ряда других полисахаридов, связанных между собой и с другими полимерами клеточных стенок растений [1,2]. Карбоксильные группы у галактуроновых кислот (ГК), в цепи ПП находятся в этерифицированном и свободном состояниях [1,2]. ПП могут быть последовательно и избирательно выделены из клеточных стенок растений различными реагентами. Использование хелатных агентов, как правило, выделяет ПП из области средней пластинки, где они на данном участке клеточных стенок (КС) растений преимущественно сшиты ионами кальция, а ПП связанные с целлюлозой ковалентными связями выделяются кислотой или щёлочью [2], а часть ПП могут находиться в водорастворимой форме. В изолированном виде коммерческий пектин представляет собой пищевой гидроколлоид с хорошо известными областями применения в качестве гелеобразующих агентов, стабилизаторов и эмульгаторов [3]. Помимо применения в пищевой промышленности, пектин все шире используется в медицине, фармацевтике [4,5]. Структура пектина в растворе существенно влияет на его функциональность и это нашло своё отражение в многочисленных продуктах на его основе. В настоящее время, кожура цитрусовых и яблочных выжимок является основным источником пектина, в то время как другие потенциально ценные источники в значительной степени не используются из-за отсутствия структурной информации и некоторых нежелательных свойств [3]. В последнее время разработаны инновационные методы получения ПП из нетрадиционного сырья, такие как корзинки подсолнечника, сахарная свёкла, тыква и другие источники [6, 7].

Нами, ПП из корзинки подсолнечника были последовательно и избирательно экстрагированы различными способами и реагентами в виде соле-, водо- и кислоторастворимой фракций [8], для лучшего понимания структуры данного пектина. В предыдущей работе было обсуждено строение солерастворимой фракции ПП подсолнечника [9]. В данной работе представлены результаты исследования структуры водорастворимой фракции ПП (ВРП) подсолнечника методами ИК-, ¹H, ¹³C и двумерной ЯМР спектроскопией, высокоэффективной эксклюзионной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Экспериментальная часть

ВРП фракцию ПП подсолнечника получали методом последовательной экстракции, как описано в работе [8]. Корзинки подсолнечника измельчали на лабораторной мельнице (Retsch, Германия) и отделяли фракциями с размером частиц 0.2-0.3 мм. После удаления солерастворимой фракции (СРП) остаток КС последовательно экстрагировали водным раствором при соотношении сырьё: раствор - 1:20 и температуре 85⁰С. Затем остаток КС отделяли фильтрованием через плотный лавсан и сушили при 60⁰ С. Фильтрат центрифугировали при 3500 об/мин в течение часа, для выделения пектинового геля (ПГ). Таким образом, полученные ВРП очищались диаультраfiltrацией (ДУФ) и выделялись из раствора спиртовым осаждением, сушили при 55-60⁰ С.

Содержание галактуроновой кислоты (ГК) и степени этерификации (СЭ) карбоксильных групп определяли методами описанных в работах [10,11] соответственно, СЭ ПП параллельно определяли ИК спектроскопическим методом [12]. Молекулярный вес (M_w) определён методом высокоэффективной эксклюзионной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) как с применением вискозиметрического детектора (Viscostar, Wyatt echnology, США) в сочетании с рефрактометрическим (Waters 2410 differenti alrefractometer) детектором [7], так и методом много углового лазерного светорассеивания (МУЛС, на детекторе HELEOS II Wyatt Technology, США). ЭЖХ колонки калибровались с использованием молекулярных стандартов Пуллулана (Showa Denko К.К., Japan) и серии декстранов (T10-T500). Значение M_w , M_n , M_z пектинов определяли с помощью программного обеспечения ASTRA 5.3.4.13 (WyattTechnology). Значение инкремента dn/dc , равного 0.134, было заимствовано из работы [13].

ЯМР спектры были сняты на приборе 14 Tesla Agilent DD2 NMRспектрометр (SantaClara, CA) с использованием 5 mm One NMR про быс градиентом пульсации в оси - z. (Santa Clara, CA, США). Спектры ЯМР¹H и ¹³С регистрировались при 40⁰С в растворе D₂O. Для отсчета химического сдвига, в качестве эталонного соединения использовали натриевую соль 3-(триметилсилил)-пропионовой кислоты (ТМСПК) для обоих ядер. Спектры ЯМР¹H были сняты при частоте 600 МГц, диапазон измерения химического сдвига 12 м.д., ширина пульсации импульсов 45⁰ и время задержки релаксации 4 сек. Спектры ЯМР ¹³С записывались при частоте 150 МГц со шкалой диапазона до 250 м.д., время задержки релаксации 1 сек., в режиме накопления 50000-80000 повторности (сканированием, в течение суток). Двумерные эксперименты градиентной версии гетероядерные протон-углеродные корреляционные спектры (gHMQC) с высоким разрешением проводились с использованием адиабатической пульсации.

ИК-Фурье спектры сухих образцов пектина были записаны на приборе Spectrum 65 FT-IR (Perkin Elmer, Швейцария). ИК-спектры были сняты с использованием приставки нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), (Atten uatedtotalre flection-ATR, MIRACLE) с кристаллом ZnSe. Каждый спектр записывался с помощью программного обеспечения Perkin Elmer Spectrum, версия 10.03.07и генерировался как среднее значение полос поглощений из 16 повторности (сканирований).

Результаты их обсуждения

В табл. 1 приведены физико-химические свойства, молекулярная масса и гидродинамические характеристики ВРП фракции, полученных водным раствором при 85⁰С.

Доля данной фракции от общего количества экстрагированного ПП (СРП и КРП - кислот растворимой фракции) составила 29.34% [8].

Из данных приведённых в таблице видно, что данная фракция при охлаждении превратилась в гель. Содержание микрогеля (МГ) в нем после центрифугирования при большом значении $g=20000$, составило 30%. Содержание ГК было высоким (89.8%), но с низким значением СЭ (~ 40.6%). Состав моносахаридов, %: Rha-1.44; Ara-1.36; Xyl-1.60; Gal-2.34; Clc-2.24.

Таблица 1. Физико-химические свойства, молекулярная масса и гидродинамические свойства пектиновых полисахаридов ВРП фракции, полученных из корзинок подсолнечника
Table 1. Physical and chemical properties, molecular weight and hydrodynamic properties of pectin polysaccharides of the GRP fraction obtained from sunflower baskets

Фракция ПП	Выход ВРП и ОС, %			ГК, %	СЭ, %	МГ, %	Молекулярная масса и гидродинамические свойства ВРП			
	ПВ	ПГ	ОС				M_w , КД	$[\eta]$, дл/г	ρ , (Rg/Rh)	a
ВРП	6.44	1.34	13.82	89.8	39.8 (41.4*)	30.0	187 540.6**	5.18 6.30	1.41 -	0.898 0.48

*СЭ ВРП найдено из ИК спектров, отношения интенсивностей валентных колебаний метильных групп ($\nu_{as}CH_3 = 1440 \text{ см}^{-1}$) и колебаний пиранозного цикла при $1010-1015 \text{ см}^{-1}$ [12]. ** Данные полученные методом ВЭЖ с использованием универсальной калибровки. ПВ- пектиновые вещества; ПГ- Пектиновый гель; ОС- олигосахариды.

Полученное значение средней молекулярной массы (M_w) методом МУЛС было относительно низким (187 КД) в то время как значение M_w , найденного методом ЭЖХ с использованием универсальной калибровки (540.6 КД) [8] превосходило значение таковым для других фракций, так как большая часть макромолекулы ВРП агрегировала при центрифугировании и фильтрации до введения в колонку ВЭЖ по сравнению с другими фракциями. Однако, несмотря на относительно низкое значение средней молекулярной массы (187 КД), она имела высокое значение гидродинамических параметров: характеристическая вязкость раствора ($[\eta]=5-6 \text{ дл/г}$), отношение среднеквадратичных гидродинамических радиусов макромолекул ($\rho=Rg/Rh$), найденных методами статистического и динамического светорассеивания, равное 1.41, что показывает линейную структуру данной фракции.

В ИК-спектрах ВРП фракции проявляются полосы поглощений характерные для 1-4 α -связанных галактуроновых кислот при 890, 1013, 1148, 2848, 2921 и 3340 см^{-1} и колебаний ν_{CO} , характеристической полосой карбонильных ($C=O$) свободных при 1642 см^{-1} и этерифицированных карбоксильных групп при 1732 см^{-1} . В отличие от СРП фракции, где полоса поглощения свободных карбоксильных групп наблюдается при 1605 см^{-1} в ВРП фракции ν_{CO} смещаются в сторону меньших длин волн. Наличие слабого поглощения при 828 см^{-1} указывает на присутствие сахарного остатка связанного в β -пиранозной конфигурации с основной цепью данного ПП.

Анализ распределения углеродных атомов по различным типам в области углеродных резонансов в областях 110–98 м.д. (аномерные атомы углеводов) и 82–67 м.д. (СНО- и CH_2O -фрагменты) спектра ЯМР ^{13}C показывают, что у ВРП фракции имеются только две аномерные центры (при 99.8 м.д. и 101.6 м.д.), присутствуют все сигналы характерные для повторяющихся звеньев $\rightarrow 4$ - α -D-GalpA(1 \rightarrow 4)- в свободной и метилированной формах, а также небольшие остатки рамнозы связанных $\rightarrow 2$ - α -Rhap-(\rightarrow 4). Следовательно ВРП полисахарида имеет минимум две разновидности углеводных двух фрагментов– основного-НГ в виде кислотной и эфирной формы, а также обнаружены примеси разветвленного и (RG) областей ПП макромолекул (табл.2).

ЯМР 1H и ^{13}C спектры ВРП фракции были типичными для НГ- и RG-пектинов, но содержащие НГ- области значительно превосходило RG-области в отличие от ранее изученной СРП фракции ПП подсолнечника [9].

Таблица 2. Химические сдвиги гликозильных остатков из спектров 1H и ^{13}C -ЯМР и HSQC
Table 2. Chemical shifts of glycosyl residues from 1H and ^{13}C -NMR and HSQC spectra

	Химические сдвиги, δ (м.д.)						OMe	OAc
	C-1 (H-1)	C-2 (H-2)	C-3 (H-3)	C-4 (H-4)	C-5 (H-5)	C-6 (H-6)		
$\rightarrow 4$ - α -D-GalpA(1 \rightarrow 4)	99.8 (5.15)	68.2 (3.80)	68.7 (4.0)	78.3 (4.55)	70.8 (4.75)	180.88	(COO ⁻)	-
$\rightarrow 4$ - α -6MeGalpA-(1 \rightarrow 4)	102.3 (5.17)	71.0 (3.56)	71.6 (3.70)	81.0 (4.47)	75.6 (-)	170.6 (-)	53.1	-
$\rightarrow 2$ - α -Rhap-(\rightarrow 4)	100.6 (-)	79.6 (4.16)	70.9 (3.70)	76.0 (3.36)	71.7 (3.65)	19.7 (1.26)	-	-
β -D-Galp-(\rightarrow 4)	107.4 (4.92)	74.2 (3.68)	76.5 (-)	70.1 (-)	76.5 (4.04)	173.4 (3.77)	-	57.65

В ЯМР¹Нспектре протоны сигналов ацетильных групп проявились при 1.8 ~ 2.4 м.д, а сигналы протонов метильных групп проявляются между 1.0 ~ 1.4 м.д. Эти группы имеют по 3 протона, а остальные протоны представлены метиновыми группами (CH), в сахарных остатках пектина. Интегрируя интенсивность сигнала в искомые (желаемые) области (I_x) можно определить процентное содержание этих групп во фракциях ПП по сравнению с суммарной интенсивностью сигналов оставшимися протонами сахарных остатков (I_{общ} = 3-6 м.д.). Процентное содержание метильных, ацетильных и карбоксильных групп изученной фракции пектинов методом ЯМР¹Н спектроскопией, найденных из отношения $qx = I_x / I_{общ}$ даются в табл. 3.

Таблица 3. Анализ содержания функциональных групп
Table 3 Analysis of the content of functional groups

Фракция ПП	Метильные группы, %	Количество сигналов метильных групп *	Ацетильные группы, %	Количество сигналов ацетильных групп *	Резонансы карбоксильных групп	Количество аномерных атомов в gHSQC
ВРФ	0.62	2	0.29	1	170.6, 173.4, 180.9	3

Спектры ЯМР дают также важную информацию о наличии мультиплетности метильных групп во фракциях, показывающих влияние окружения на их локализацию. Для анализа принимаются во внимание только интенсивные пики, потом полученный результат сравнивается с количеством пиков в корреляционных гетероядерных (двумерных) спектрах- gHSQC. Для данной фракции, при сравнении ЯМР спектров ¹Н с двумерными диаграммами gHSQC эксперимента (рис.1.), видно появление 2 резонансов для метильных групп. Наличие ацетильных групп для данной фракции наблюдается одним сигналом. Эти данные показывает, что карбоксильные группы в данном пектине окружены различными группами, где вероятно присутствуют 2 варианта структуры.

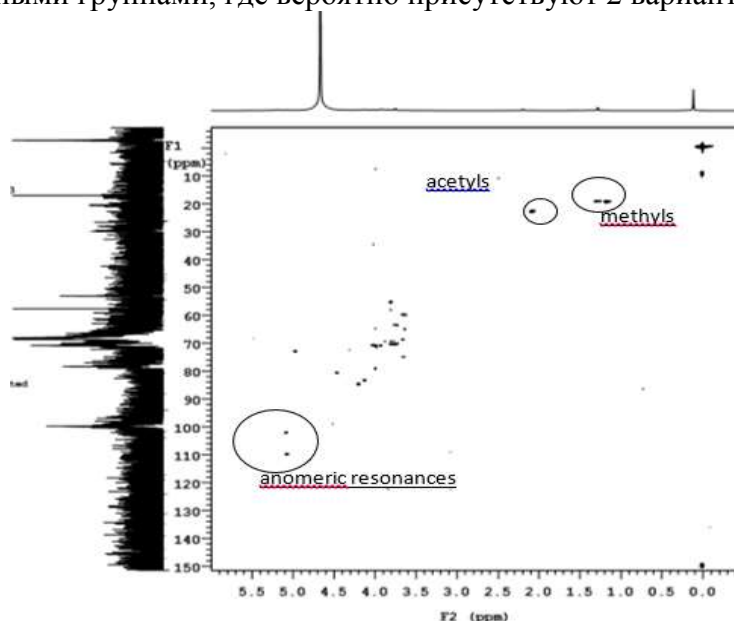


Рис. 1. Спектры gHSQC водорастворимой фракции ПП подсолнечника
Fig.: 1. Spectra gHSQC of the water-soluble fraction of PP sunflower

Ясная картина наличия аномерных резонансов в макромолекуле ПП видна в спектрах gHSQC. Этим методом обнаружено наличие двух аномерных пиков для ВРП

фракции ПП подсолнечника. Присутствие и состояние карбоксильных групп ВРП фракции показано резонансами между 170 ~ 182 м.д. в ЯМР-¹³С спектрах. В ЯМР-¹³С спектрах обнаружены сигналы для -COOCH₃ при 170.06 м.д., для 173.4 -COO и ионизированных (-COO⁻) при 180.9 м.д. (табл.2). В отличие от СРП фракции [9], где обнаружены 10 аномерных центров, можно с уверенностью констатировать присутствие как минимум 2 разновидности остатков ГК в виде свободной, этерифицированной и ионизированной формах в этой фракции.

Из совместного анализа спектров ЯМР ¹³С, ИК спектров и молекулярных характеристик можно сделать следующий вывод: макромолекула данного ПП состоит из чередующихся остатков ГК с хаотическим распределением и низкой степенью этерификации (метильными и ацетильными группами). Линейные структуры НГ можно представить в виде схемы из чередующихся остатков: [→4)-α-D-GalpA6Me-(1 → 4)-α-D-GalpA-(1→), [→4)-α-D-GalpA-(1 → 4)- α-D-GalpA-2Ac-(1→), а присутствие небольшого количества RG как: [(1→4)α-D-GalpA(1→4)α-D-GalpA(1→2)-L-Rhap(1→4)-[α-D-GalpA]_nс боковыми цепями из β-DGalp остатками.

Высокое значение [η] и отношение среднеквадратичных гидродинамических радиусов макромолекул (ρ=Rg/Rh) доказывает линейность данной макромолекулы, однако низкая значения СЭ подвергают макромолекулу к агрегации при охлаждении.

Таким образом, исходя из совместного анализа ИК, ЯМР¹H, ¹³С и gHSQC спектров для ВРП фракции ПП может быть предложена структура, приведённая на схеме. Структуру данного ПП можно представить, как полисахарид образованный в основном из НГ-, где карбоксильные группы находятся в свободном, этерифицированных и ионизированных состояниях. Наличие RG-остатков в спектрах, скорее являются остатками из примесей ПП других фракций или связанных в боковых цепях полисахаридного матрикса.

Работа выполнена в рамках проекта МНТЦ Т-1419 при финансовой поддержке Госдепартамента США по сельскому хозяйству.

ЛИТЕРАТУРА

1. Voragen A.G.J. Pectin, a Versatile Polysaccharide Present in Plant Cell Walls. / A.G.J.Voragen, G.J.Coenen, R.P.Verhoef and H.A.Schols //Struct. Chem. 2009. №20. – P.263.
2. Round A.N. A new view of pectin structure revealed by acid hydrolysis and atomic force microscopy. / A.N.Round, N.M.Rigby, A.J. MacDougall & V.J.Morris // Carbohydr. Res. 2010. № 345. – P.487–497.
3. Endress H.U. In Renewable Resources for Functional Polymers and Biomaterials: Polysaccharides, Proteins and Polyesters./ H.U.Endress, B.Z. Tang, P.A.Williams (Ed.s)// RSC Publishing, Cambridge. 2011.Chapter 8. – P. 210-260.
4. Мухидинов З.К. Пектин –основа для создания функциональной пищи/ З.К.Мухидинов, Д.Т.Бобокалонов, С.Р.Усманова. – Душанбе, ООО «Сифат-Офсет», 2019. – 192 с.
5. Naqash F.A. Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin/ F. Naqash, F.A. Masoodi, S.A. Rather, S.M. Wani, A. Gani//A Review. Carbohydrate Polymers.2017.V.68. – P. 227–239.
6. Muhidinov Z.K. Gravity Flow Dynamic Method for Pectin Extraction from Sunflower Head using Sodium Chloride/ Z.K.Muhidinov, D.Kh.Khalikov, L.M.Fishman, L.S. Liu // Biopolymer Research.2017.V.1.- P.101-124.
7. Muhidinov, Z.K. Physico-Chemical Characterization of Pectic Polysaccharides from Various Sources Obtained by Steam Assisted Flash Extraction (SAFE)./ Z.K. Muhidinov, Kh. Teshaeв, A.Dzhonmurodov, D. Khalikov, M.Fishman// Macromolecular Symposia. 2012. – P. 317-318.
8. Джонмуродов А.С. Физико-химические и гидродинамические свойства пектиновых полисахаридов подсолнечника. / А.С.Джонмуродов, Х.И.Тешаев, Ш.Ё.Холов, З.К. Мухидинов //Доклады АН РТ. 2015. Т.58.№3. – С.241-247.
9. Джонмуродов А.С.Строение пектиновых полисахаридов солеорастворимой фракции подсолнечника. /А.С.Джонмуродов, Х.И.Тешаев, Ш.Ё.Холов //Доклады АНРТ, 2015. №4. - С. 320-325.
10. Carpita N.C. Measurement of ironic acids without interference from neutral sugars/ N.C.Carpita, T.M.C.Filisetti-cozzi //Anal. Biochem. 1991.V, 197. – P.157-162.
11. Kelco C.P. Determination of degree of methyl esterification. Control methods// C.P. Kelco. - 2001. March 7. – P.3.

12. Fellah A. Determining the degree of methyl ester fiction of pectin by ATR/FT-IR: Methodology optimization and comparison with theoretical calculations./ A.Fellah, P. Anjukandu, M.R.Waterland, M.A.K.Williams // Carbohydrate Polymers. 2009. V.78. – P. 847–853.
13. Fishman M. L. Solvent Effects on the Molecular Properties of Pectins./ M. L. Fishman, H. K.Chau, F.Kolpak, J.Brady // J. Agric. Food Chem. 2001.V.49. №9. – P.4494–4501.

REFERENCES LITERATURE

1. Voragen A.G.J. Pectin, a Versatile Polysaccharide Present in Plant Cell Walls. / A.G.J.Voragen, G.J.Coenen, R.P.Verhoef and H.A.Schols //Struct. Chem. 2009. №20. – P.263.
2. Round A.N. A new view of pectin structure revealed by acid hydrolysis and atomic force microscopy. / A.N.Round, N.M.Rigby, A.J. MacDougall & V.J.Morris // Carbohydr. Res. 2010. № 345. – P.487–497.
3. Endress H.U. In Renewable Resources for Functional Polymers and Biomaterials: Polysaccharides, Proteins and Polyesters./ H.U.Endress, B.Z. Tang, P.A.Williams (Ed.s)// RSC Publishing, Cambridge. 2011.Chapter 8. – P. 210-260.
4. Мухидинов З.К. Пектин – основа для создания функциональной пищи/ З.К.Мухидинов, Д.Т.Бобокалонов, С.Р.Усманова. – Душанбе, ООО «Сифат-Офсет», 2019. – 192 с.
5. Naqash F.A.Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin/ F. Naqash, F.A. Masoodi, S.A. Rather, S.M. Wani, A. Gani//A Review. Carbohydrate Polymers.2017.V.68. – P. 227–239.
6. Muhidinov Z.K. Gravity Flow Dynamic Method for Pectin Extraction from Sunflower Head using Sodium Chloride/ Z.K.Muhidinov, D.Kh.Khalikov, L.M.Fishman, L.S. Liu // Biopolymer Research.2017.V.1.- P.101-124.
7. Muhidinov, Z.K. Physico-Chemical Characterization of Pectic Polysaccharides from Various Sources Obtained by Steam Assisted Flash Extraction (SAFE)/ Z.K. Muhidinov, Kh. Teshaeв, A.Dzhonmurodov, D. Khalikov, M.Fishman// Macromolecular Symposia. 2012. – P. 317-318.
8. Dzhonmurodov A.S. Physicochemical and hydrodynamic properties of sunflower pectin polysaccharides. / A.S. Dzhonmurodov, Kh.I. Teshaeв, Sh.Y. Kholov, Z.K. Mukhidinov // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan. 2015. Vol.58.No.3. - P.241-247.
9. Dzhonmurodov A.S. The structure of pectin polysaccharides of the salt-soluble fraction of sunflower. / A.S.Dzhonmurodov, Kh.I. Teshaeв, Sh.Y. Kholov // Reports of ANRT, 2015. No. 4. - P. 320-325.
10. Carpita N.C. Measurement of ionic acids without interference from neutral sugars/ N.C.Carpita, T.M.C.Filissetti-cozzi //Anal. Biochem. 1991.V, 197. – P.157-162.
11. Kelco C.P. Determination of degree of methyl esterification. Control methods// C.P. Kelco. - 2001. March 7. – P.3.
12. Fellah A. Determining the degree of methyl ester fiction of pectin by ATR/FT-IR: Methodology optimization and comparison with theoretical calculations./ A.Fellah, P. Anjukandu, M.R.Waterland, M.A.K.Williams // Carbohydrate Polymers. 2009. V.78. – P. 847–853.
13. Fishman M. L. Solvent Effects on the Molecular Properties of Pectins./ M. L. Fishman, H. K.Chau, F.Kolpak, J.Brady // J. Agric. Food Chem. 2001.V.49. №9. – P.4494–4501.

СОХТОРИ ФРАКСИЯИ ДАР ОБ ХАЛШАВАНДАИ ПЕКТИНҲОИ ПОЛИСАХАРИДИИ ОҒТОБПАРАСТ

Таҳлили сохтори фраксияи дар об ҳалшавандаи пектинҳои полисахаридии оғтобпараст бо истифодаи спектроскопияи резонансии магнитӣ-ядрои (РМЯ)¹H, ¹³C ва дученакаи gHSQCсгузаронида шуда, мавҷудияти фоизи гуруҳҳои функционалӣ муайян карда шуд. Сохтори такроршавандаи пектинҳои полисахаридии фраксияи дар об ҳалшавандаи оғтобпараст аз рӯи таҳлили якҷояи спектроскопияи ИК ва спектроскопияи РМЯ¹H, ¹³C ва дученакаи РМЯgHSQCдар намуди полисахаридҳое, ки асосан аз гомогалактуронан, ки дар он гуруҳҳои функционалӣ дар шакли озод, этерификатсияшуда ва ионизатсияшуда ҷойгиранд, пешниҳод карда шуд. Мавҷудияти микдори ками қисмати рамногалактуронан бошоҳаҳои нейтралӣ дар матрикси пектинҳои полисахаридӣ нишон дода шуд. Қимати баланди часпакии маҳлӯл[η] ва таносуби гидродинамикии радиусҳои макромолекулаҳо ($\rho = R_g/R_h$) хатти будани ин макромолекуларо исбот мекунад, аммо нишондиҳандаи пасти дараҷаи эфирнокӣ хангоми паст шудани ҳарорат ба яклухтшавии макромолекула оварда мерасонад. Сохтори ҳалқаҳои такроршавандаи ПОҲ фраксияи ПП аз таҳлили якҷояи ИС-, РМЯ,¹H, ¹³C ва gHSQC дар шакли полисахарид, ки асосан аз пасмондаҳои такроршавандаи гомогалактуронан ба вучуд омадааст, бо тақсмоти бетартибона ва дараҷаи пасти эфирнокӣ (гурӯҳҳои метил ва асетил) пешниҳод карда мешавад, ки дар он гурӯҳҳои карбоксил дар ҳолати озод, эфирнокшуда ва ионишуда мебошанд. Мавҷудияти микдори ночизи рамногалактуронан ба фраксияи алоҳидаи матрисаи ПП полисахариди дорои сохтори сершоха мансуб аст. Дар спектрҳои ИС-и фраксияи ПОҲ хатҳои чазбшаванда, ки хоси 1-4 α-вобастаикислотаҳои галактуронӣ ва тағйирёбандаи νCO мебошанд, хатҳои таъсири карбонилии (C=O) ва гурӯҳҳои карбоксилии эфирнокшуда ва оздро нишон медиҳанд. Мавҷудияти камчазбшавӣ мавҷудияти бақияи кандро нишон медиҳад, ки дар конфигуратсияи вгпираноза бо занҷири асосии ин ПП алоқаманд аст.

Калидвожаҳо: пектин, оғтобпараст, фраксияи дар об ҳалшаванда, спектри РМЯ, gHSQC.

СТРОЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМОЙ ФРАКЦИИ ПЕКТИНОВЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Структурный анализ водорастворимой (ВРП) фракции пектиновых полисахаридов (ПП) подсолнечника был проведён с использованием ^1H , ^{13}C и двумерной gHSQC ЯМР спектроскопией, определено процентное содержание функциональных групп. Высокое значение характеристической вязкости раствора $[\eta]$ и отношение среднеквадратичных гидродинамических радиусов макромолекул ($p=R_g/R_h$) доказывает линейность данной макромолекулы, однако низкая значения СЭ подвергают макромолекулу к агрегации при охлаждении. Предложена структура повторяющегося звена ВРП фракции ПП из совместного анализа ИК-, ЯМР ^1H , ^{13}C и gHSQC, в виде полисахарида образованного, в основном, из чередующихся остатков гомо- и галактуронана (HG-), с хаотическим распределением и низкой степенью этерификации (метильными и ацетильными группами), где карбоксильные группы находятся в свободном, этерифицированном и ионизированном состояниях. Присутствие незначительного количества рамногалактуронана, отнесено к отдельной фракции ПП полисахаридного матрикса с разветвлённой структурой. В ИК-спектрах ВРП фракции проявляются полосы поглощений характерные для 1-4 α -связанных галактуроновых кислот и колебаний νCO , характеристической полосой карбонильных ($\text{C}=\text{O}$) свободных и этерифицированных карбоксильных групп. Наличие слабого поглощения указывает на присутствие сахарного остатка связанного в β -пиранозной конфигурации с основной цепью данного ПП.

Ключевые слова: пектин, подсолнечник, водорастворимая фракция, ^1H -, ^{13}C - ЯМР спектр, двумерная gHSQC спектр.

STRUCTURE OF WATER SOLUBLE FRACTION OF THE PECTIC POLYSACCHARIDES FROM SUNFLOWER

The high value of the intrinsic viscosity of the solution and the ratio of the root mean square hydrodynamic radius of macromolecules ($p=R_g/R_h$) proves the linearity of this macromolecule, however, low degree esterification (DE) values subject the macromolecule to aggregation upon cooling. The structural analysis of the water-soluble (WSP) fraction of sunflower pectin polysaccharides (PP) was carried out using ^1H , ^{13}C and two-dimensional gHSQC NMR spectroscopy, the percentage of functional groups was determined. The high value of the intrinsic viscosity of the solution and the ratio of the average square hydrodynamic radius of macromolecules ($p=R_g/R_h$) proves the linearity of this macromolecule, however, low DE values subject the macromolecule to aggregation upon cooling. The structure of the repeating WSP unit of the PP fraction from the combined analysis of IR-, ^1H , ^{13}C and gHSQC NMR data has been proposed, in the form of a polysaccharide matrix mainly from alternating homogalacturonan (HG-) residues, with a chaotic distribution and a low degree of esterification (methyl and acetyl groups), where carboxyl groups are in free, esterified and ionized states. The presence of a small amount of rhamnogalacturonan regions is assigned to a separate fraction of the PP polysaccharide matrix with a branched structure.

Keywords: pectin, sunflower, water soluble fraction, ^1H , ^{13}C -gHSQC NMR spectroscopy.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Ҷонмуродов Абдували Саломович* – Институти кимиёи ба номи В.И.Никитини АМИТ, номзади илмҳои кимиё, ходими пешбари илми озмоишгоҳи «Химияи ПК». **Суроға:** 734065, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи С.Айнӣ, 299/2. **Тел:** 93 332 22 76. **E-mail:** abduvalid@mail.ru

Икромӣ Хуршед Икром – Донишгоҳи Технологии Тоҷикистон, номзади илмҳои техникӣ, докторант. **Суроға:** 734065, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи Н. Қарабоев. **Тел:** 915 98 00 45. **E-mail:** x_teshaev@yahoo.com

Усманова Сураё Раҳматжановна – Институти кимиёи ба номи В.И.Никитини АМИТ, номзади илмҳои кимиё, ходими пешбари илми озмоишгоҳи «Химияи ПК». **Суроға:** 734065, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи С.Айнӣ, 299/2. **Тел:** 919196564. **E-mail:** surayo.usmanova@gmail.com

Холов Шавкат Ёрович – Институти кимиёи ба номи В.И.Никитини АМИТ, номзади илмҳои техникӣ, ходими калони илми озмоишгоҳи «Химияи ПК». **Суроға:** 734065, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи С.Айнӣ, 299/2. **Тел:** 935311170. **E-mail:** sh.kholov88@gmail.com

Насриддинов Абубакр Саидҷулович – Институти кимиёи ба номи В.И.Никитини АМИТ, номзади илмҳои кимиё, ходими пешбари илми озмоишгоҳи «Химияи ПК». **Суроға:** 734065, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи С.Айнӣ, 299/2. **Тел.:** 935213153. **E-mail:** abubakr2583@mail.ru

Муҳидинов Зайниддин Камарович – Институти кимиёи ба номи В.И.Никитини АМИТ, доктори илмҳои кимиё, профессор, сарҳодими илми озмоишгоҳи «Химияи ПК», **Суроға:** 734065, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи С.Айнӣ, 299/2. **Тел.:** 934 884843. **E-mail:** zainy@mail.ru

Strahan G.D. – Маркази илмӣ-таҳқиқотии минтақаи шарқии Департаменти давлатии ИМА оид ба хоҷагии қишлоқ, ходими илми озмоишгоҳи “Таҳлилӣ”. 600 E. Mermaid lane, ERRC, Wyndmoor, PA 190388598, USA.

Сведения об авторах: *Джонмуродов Абдували Саломович* – Институт химии им. В.И.Никитина НАНТ, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «химии ВМС». **Адрес:** 734065, Республика Таджикистан, г. Душанбе, С.Айнӣ, 299/2. **Тел:** 93 332 22 76. **E-mail:** abduvalid@mail.ru

Икромии Хуришед Икром –Технологический Университет Таджикистана, кандидат технических наук, докторант. **Адрес:** 734041, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул.Н. Карабаев. **Тел.:** 915980045. **E-mail:** x_teshaev@yahoo.com

Усманова Сураё Рахматжановна – Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «химии ВМС». **Адрес:** 734065, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул.С.Айни, 299/2. **Тел.:** 919 19 65 64. **E-mail:** surayo.usmanova@gmail.com

Холов Шавкат Ёрович – Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории «химии ВМС». **Адрес:** 734065, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул.С.Айни, 299/2. **Тел.:** 93 531 11 70. **E-mail:** sh.kholov88@gmail.com

Насриддинов Абубакр Саидкулович –Институт химии им. В.И.Никитина НАНТ, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «химии ВМС». **Адрес:** 734065, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул.С.Айни, 299/2. **Тел.:** 93 521 31 53. **E-mail:** abubakr2583@mail.ru

Мухидинов Зайниддин Камарович – Институт химии им. В.И. Никитина НАНТ доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории «химии ВМС» **Адрес:** 734065, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул.С.Айни, 299/2. **Тел.:** 93 488 48 43. **E-mail:** zainy@mail.ru

Strahan G.D.–Восточный региональный научно-исследовательский центр Госдепартамента США по сельскому хозяйству, химик исследователь, аналитической лаборатории. 600 E. Mermaid lane, ERRC, Wyndmoor, PA 190388598, USA.

Information about the authors: Jonmurodov Abduvali Salomovich – V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Ph.D. in Chemistry, Leading Researcher at the Laboratory of Chemistry of High Molecular Compounds, **Address:** 734065, Republic of Tajikistan, Dushanbe, S.Aini str., 299/2. **Phone:** 93 332 22 76. **E-mail:** abduvalid@mail.ru

Ikromi Khurshed Ikrom – Institute of Chemistry. V.I. Nikitin National Academy of Science of Tajikistan, Ph.D. in Technical, doctoral at the Laboratory of Chemistry of High Molecular Compounds. **Address:** 734065, Republic of Tajikistan, Dushanbe, S.Aini str., 299/2. **Phone:** 915980045. **E-mail:** x_teshaev@yahoo.com

Usmanova Surayo Rakhmatzhanovna – V.I. Nikitin National Academy of Science of Tajikistan, Ph.D. in Chemistry, Leading Researcher at the Laboratory of Chemistry of High Molecular Compounds. **Address:** 734065, Republic of Tajikistan, Dushanbe, S.Aini str., 299/2. **Phone:** 919 19 65 64. **E-mail:** surayo.usmanova@gmail.com

Kholov Shavkat Yorovich – V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Ph.D. in Technical, Senior Researcher at the Laboratory of Chemistry of High Molecular Compounds. **Address:** 734065, Republic of Tajikistan, Dushanbe, S.Aini str., 299/2. **Phone:** 935311170. **E-mail:** sh.kholov88@gmail.com

Nasriddinov Abubakr Saidkulovich – V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Ph.D. in Chemistry, Leading Researcher at the Laboratory of Chemistry of High Molecular Compounds. **Address:** 734065, Republic of Tajikistan, Dushanbe, S.Aini str., 299/2. **Phone:** 93 521 31 53. **E-mail:** abubakr2583@mail.ru

Muhidinov Zainiddin Kamarovich – V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief Researcher at the Laboratory of Chemistry of High Molecular Compounds. **Address:** 734065, Republic of Tajikistan, Dushanbe, S.Aini str., 299/2. **Phone:** 93 488 48 43. **E-mail:** zainy@mail.ru

Strahan G.D. – Eastern Regional Research Center (ERRC), ARS USDA, Research Chemist at Analytical Laboratory. 600 E. Mermaid lane, ERRC, Wyndmoor, PA 190388598, USA

Солиев Л., Ибрагимова Б.М., Жумаев М.Т., Низомов И.М., Мусочонзода Қ.М.
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ

Ҳамагуна равандҳои химиявӣ дар доираи системаҳои химиявӣ, ки як қисми шартан маҳдудкардашудаи фазо мебошанд, амалӣ мешаванд. Қонуниятҳои дар системаҳои химиявӣ ҷой доштара бо ёрии диаграммаҳои ҳолатӣ ифода менамоянд. Диаграммаҳои ҳолатии системаҳои химиявии то чор компонент доштара бо ёрии фигураҳои геометрии сеченака ифода намудан мумкин аст. Ифодаи диаграммаҳои ҳолатии системаҳои химиявии панҷ ва аз ин зиёд компонента бо ёрии фигураҳои геометрии сеченака ғайриимкон мебошад. Бинобар ин коркарди усулҳои нави таҳқиқи системаҳои бисёркомпонента яке аз проблемаҳои муҳимтарини химия мебошад. Ҳалли ин проблема на танҳо аҳамияти илмӣ, балки аҳамияти бузургӣ амалӣ низ дорад. Аҳамияти амалии ҳалли ин проблема аз он бармеояд, ки аксарияти ашёи табиӣ ва техникӣ (партовҳои саноатӣ) таркиби химиявии мураккаб доранд ва бинобар коркарди онҳоро ба роҳ мондан, дар асоси донишҳои қонуниятҳои мувозинатҳои фазагии системаҳои бисёркомпонента амалӣ карда мешавад.

Барои ҳалли ин проблема аз тарафи Солиев Л. усули нави омӯзиши системаҳои химиявӣ, усули транслятсия пешниҳод карда шудааст. Усули транслятсия аз принсипи ҳамгиро, ки дар як диаграмма ҷой доштани элементҳои геометрии $n+1$ компонентаро дар назар дорад [1], бармеояд. Усули транслятсия имконият медиҳад, ки дар асоси мувозинатҳои фазагии системаи умумии $n+1$ компонента пешгӯӣ карда шуда, диаграммаи он сохта шавад [2-5].

Системаи панҷкомпонентаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ яке аз қисмҳои таркибии системаи шашкомпонентаи $Na,K//SO_4,CO_3,HCO_3,F-H_2O$, ба ҳисоб рафта, қонуниятҳои мувозинатҳои фазагии он шароитҳои коркарди галургии ашёи хомро, ки дорои намакҳои сульфатҳо, карбонатҳо, гидрокарбонатҳо ва фторидҳои натрию, калий мебошанд ва, инчунин, коркарди партовҳои моеъи саноати алюминийро муайян мекунад [6, 7].

Дар мақолаи мазкур, маълумот оид ба таҳқиқи мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ дар ҳарорати $0^\circ C$ оварда шудааст. Тадқиқотҳо исбот намудаанд [8-14], ки зимни омӯзиши системаҳои химиявӣ бо усулҳои гуногун, аз ҷумла бо усули энергияи минимизатсионии Гиббс, натиҷаи бозғаймонро ҳангоми омӯзиши системаҳои химиявии то чоркомпонента ба даст овардан мумкин. Ба ақидаи тадқиқотчиён ҳангоми зиёдшавии компонентнокии система то панҷ ва аз он зиёд, натиҷаҳои бадастомада эътимоднокии худро гум мекунад ва ин усул имкон намедиҳад, ки дар асоси натиҷаҳои зимни тадқиқот бадаст оварда диаграммаҳои системаҳои химиявӣ сохта шавад.

Системаи панҷкомпонентаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$, аз системаҳои чоркомпонентаи: $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-H_2O$; $K_2SO_4-K_2CO_3-KF-H_2O$; $K_2SO_4-KHCO_3-KF-H_2O$ ва $K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ таркиб ёфтааст.

Таҳлили адабиёт [15,16] нишон медиҳад, ки системаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ дар сатҳи секомпонентагӣ қисман омӯхта шуда, вале барои сатҳи чорпанҷкомпонентагӣ дар ҳарорати $0^\circ C$ маълумот мавҷуд нест.

Маълумот оид ба мувозинатҳои фазагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонентагии системаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ бо фазаҳои саҳти мувозинатиашон дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

Ҷадвали 1. Фазаҳои саҳти мувозинатии сатҳи чоркомпонентагии системаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ дар ҳарорати $0^\circ C$

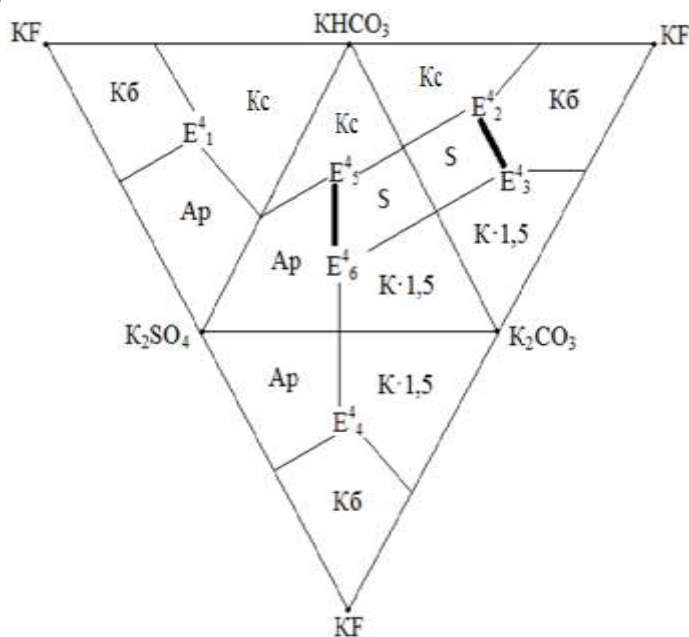
Таблица 1. Равновесные твердые фазы четырехкомпонентной системы $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ при температуре $0^\circ C$
 Table 1. Equilibrium solid phases of the four-component system $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ at a temperature of $0^\circ C$

Система	Нуқтаҳои нонварианти	Фазаҳои саҳти мувозинати
$K_2SO_4-KHCO_3-KF-H_2O$	E_1^4	Ap + Kc + Kб
$K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$	E_2^4	Kc + Kб + S
	E_3^4	K·1,5 + Kб + S
$K_2SO_4-K_2CO_3-KF-H_2O$	E_4^4	Ap + K·1,5 + Kб
$K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-H_2O$	E_5^4	Ap + S + Kc
	E_6^4	Ap + S + K·1,5

Дар ҷадвал ва минбаъд E ишораи нуқтаи нонварианти буда, даралаи он компонентнокии система, индекси рақами тартибии нуқтаи нонвариантиро ифода мекунад. Барои системаи омӯхташаванда чунин ишораҳои шартӣ қабул шудаанд:

- K_2SO_4 – арканит (Ap);
- $K_2CO_3 \cdot 1,5 H_2O$ – K·1,5;
- $KHCO_3 \cdot K_2CO_3 \cdot 1,5 H_2O$ – S;
- $KHCO_3$ – калисинит (Kc);
- KF – каробиит (Кб).

Бо истифода аз далелҳои ҷадвал, ки дар он асосан маълумот оиди фазаҳои саҳти мувозинати дар нуқтаҳои нонвариантии системаҳои чоркомпонента мебошад, қисми намакии диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ дар ҳарорати $0^\circ C$ барои сатҳи чоркомпонентагӣ дар шакли “призмаи кушод” сохта шудааст.

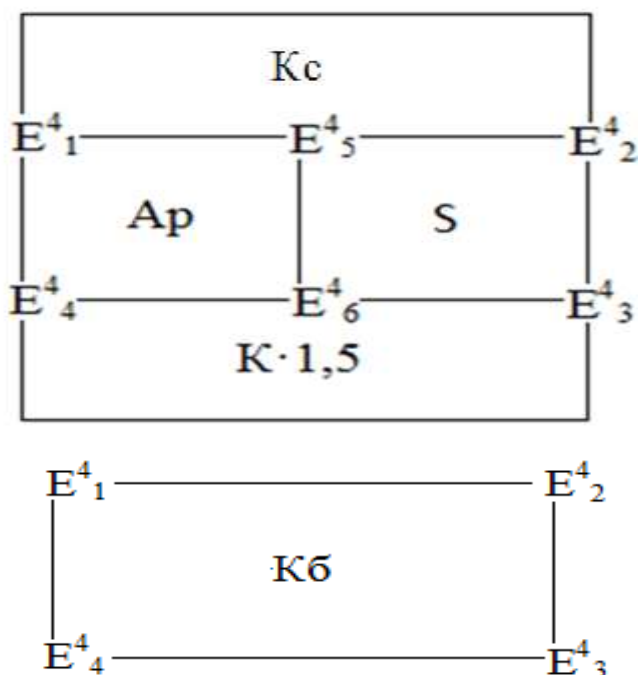


Расми 1. Призмаи кушоди диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ дар ҳарорати $0^\circ C$

Рис. 1. Открытая призма диаграммы фазового равновесия системы $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ при температуре $0^\circ C$.

Fig. 1. Open prism of the phase equilibrium diagram of the system $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ at a temperature of $0^\circ C$.

Баъд аз муттаҳидкуниимайдонҳои кристаллизатсионии мувофиқ, диаграммаи мувозинатҳои фазагии системаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ дар сатҳи чоркомпонентагӣ сохта шуда, дар расми 2 оварда шудааст.



Расми 2. Диаграмма мувозинатҳои фазаи системаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ дар сатҳи чоркомпонентагӣ

Рис. 2. Схема фазового равновесия системы $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ на четырехкомпонентном уровне

Fig. 2. Diagram of the phase equilibrium of the system $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ at the four-component level

Диаграммаи мазкур ҳамчун база, барои сохтани диаграммаи мувозинатҳои фазаи системаи таҳқиқшаванда дар сатҳи панҷкомпонентагӣ ба шумор рафта, дар асоси он диаграммаи ин сатҳ сохта мешавад. Барои хатҳои моновариантии байни нуқтаҳои нонвариантии системаҳои чоркомпонента гузаранда, чунин фазаҳои саҳти мувозинатӣ хос мебошанд:

$$\begin{aligned}
 & \text{—} E_1^4 E_2^4 = Kc + Kб; \\
 & \text{—} E_1^4 E_4^4 = Ap + Kб; \\
 & \text{—} E_1^4 E_5^4 = Kc + Ap; \\
 & \text{—} E_2^4 E_3^4 = S + Kб; \\
 & \text{—} E_2^4 E_5^4 = Kc + S; \\
 & \text{—} E_3^4 E_4^4 = K \cdot 1,5 + Kб; \\
 & \text{—} E_3^4 E_6^4 = K \cdot 1,5 + S; \\
 & \text{—} E_4^4 E_6^4 = K \cdot 1,5 + Ap; \\
 & \text{—} E_5^4 E_6^4 = Ap + S.
 \end{aligned}$$

Дар натиҷаи илова намудани компоненти панҷум ба системаҳои чоркомпонента, элементҳои геометрии системаҳои чоркомпонента андозаи худро ба як ченак зиёд мекунанд (зиёдшави аз ҳисоби консентратсияи моддаҳо ба амал меояд). Мисол, нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента андозаашро ба як ченак зиёд намуда, ба хати моновариантии табдил меёбанд. Хатҳои моновариантии ҳосилшуда дар сатҳи панҷкомпонентагӣ дар нуқтаҳои нонвариантии сатҳи панҷкомпонента вохӯрда, майдонҳои дивариантиро сарбаст мекунанд. Транслятсияи нуқтаҳои нонвариантии сатҳи чоркомпонента, бо таври математикӣ чунин ишора карда мешаванд:

$$E_1^4 + E_2^4 + E_5^4 E_1^5 = -Ap + Kc + Kб + S;$$

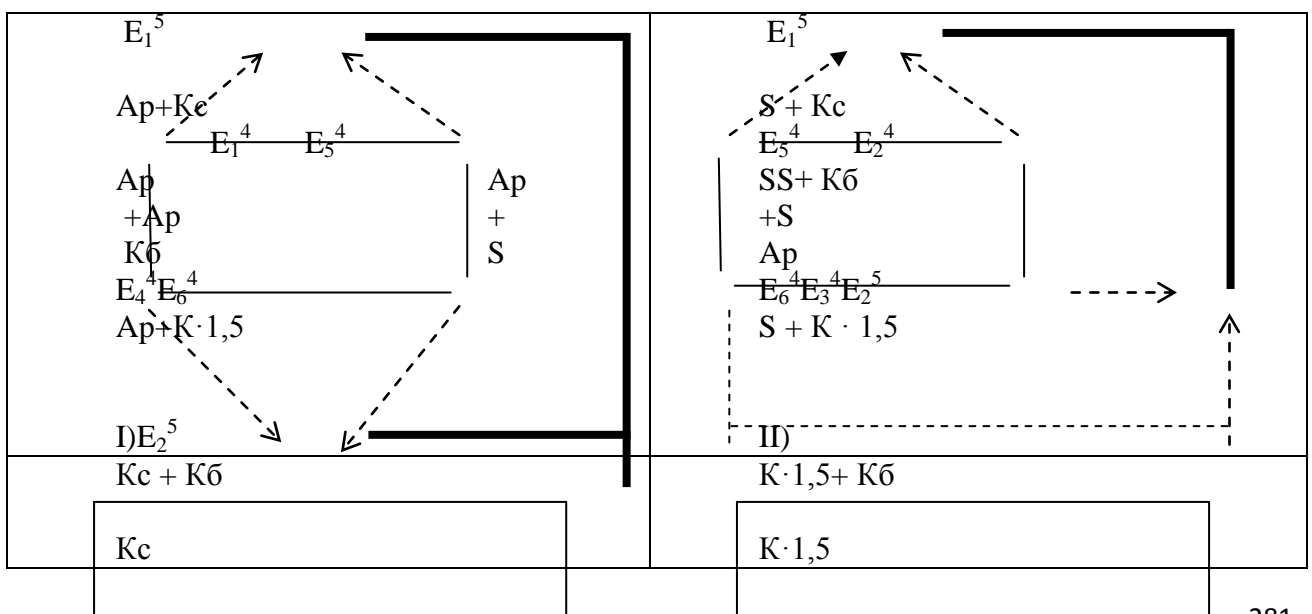
$$E_4^4 + E_3^4 + E_6^4 E_2^5 = K \cdot 1,5 + S + Ap + Kб.$$

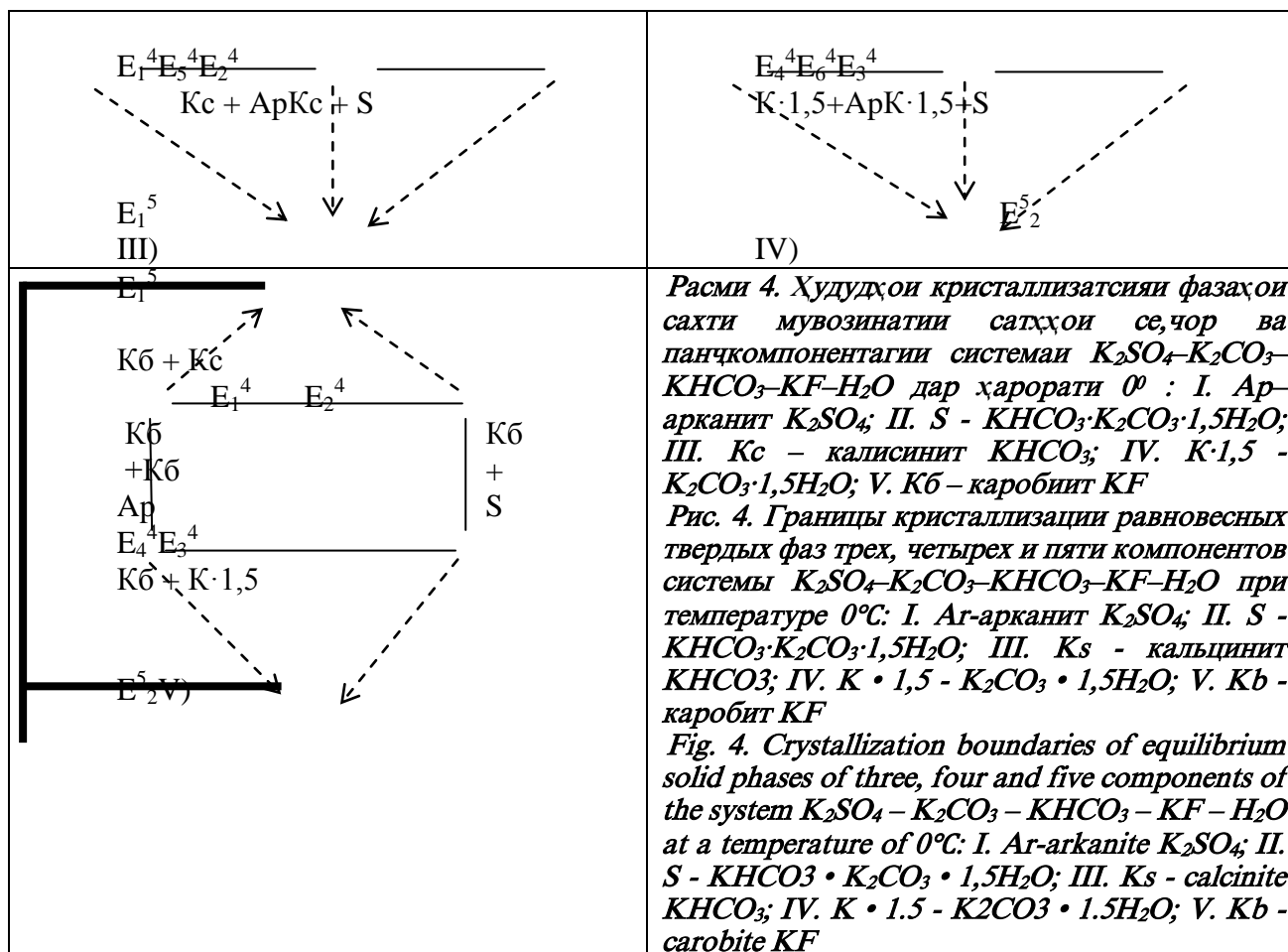
Ҷадвали 2. Контурҳои майдонҳои дивариантии системаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$
барои ҳарорати $0^\circ C$

Таблица 2. Контур области переменного поля системы $K_2SO_4 - K_2CO_3 - KHCO_3 - KF - H_2O$ для температуры $0^\circ C$

Table 2. The contours of the variable area of the system $K_2SO_4 - K_2CO_3 - KHCO_3 - KF - H_2O$ for a temperature of $0^\circ C$

Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контурҳои майдонҳои диварианти (Расми 3)	Фазаҳои саҳти мувозинатӣ	Контурҳои майдонҳои диварианти (Расми 3)
$K_6 + K_c$		$K \cdot 1,5 + K_6$	
$K_6 + Ap$		$S + K \cdot 1,5$	
$Ap + K_c$		$Ap + K \cdot 1,5$	
$S + K_6$		$Ap + S$	
$K_c + S$			





АДАБИЁТ

1. Горощенко Я.Г. Массцентрический метод изображения многокомпонентных систем// Я.Г.Горощенко. -Киев: Наукова думка, 1982. – 264 с.
2. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции (Кн-1)// Л.Солиев. - Душанбе:ТГПУ им. К. Джураева, 2000. - 247 с.
3. Солиев Л.Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции (Кн-2)// Л.Солиев. – Душанбе: «Шуҷоиён», 2011. 147 с.
4. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции (Кн-3)// Л.Солиев. – Душанбе: «Эр-Граф», 2019. – 237 с.
5. Солиев Л. Строение фазового комплекса и растворимость водно-солевой системы из сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов натрия и кальция// Л. Солиев, М.Т. Жумаев –Душанбе: «Балогат», 2020. – 212 с.
6. Морозова В.А. // Журнал прикладной химии// В.А.Морозова, Э.П. Ржечицкий 1976. Т. 49. № 5. – С.1152.
7. Морозова В.А.// Журнал неорганической химии. В.А. Морозова, Э.П. Ржечицкий. – 1977. Т. 22. № 3. – С.873.
8. Harrie C. and Weare J.H. The prediction of mineral to labilities natural wate the Na-K-Mg-Ca-SO₄-H₂O System from zero to high concentration at 25^oC. Goochim at cosmochimActa. 1980. V.44, № 7. – P. 981-997.
9. Eugster H.P., Harvie C.E. and Weare J.H. Mineral equilibria in a six-component seawater system Na-K-Mg-Ca-Cl-SO₄-H₂O at 25^oC.-Geochim at Cogmochim. Acta. 1980. V.44, № 9. – P. 1335-1347.
10. Eugster H.P., Harvie C.E. and Weare J.H. Mineral equilibria in the six-component seawater system Na-K-Mg-Ca-Cl-SO₄-H₂O at 25^oC. II Compositions of the Saturated Solutions. –Ceochim. At CosmochimActa. 1982. V.46, № 9. – P. 1603-1618.
11. N.S. Pitzer Thermodynamics of electrolytes. Theoretical basic and general aquations. J. Phys. Chem. 1973. V.77, № 2. – P. 268-277.
12. K.S. Pitzer, G. Mayarga Thermodynamics of electrolytes with onler both Jons univalent. J. Phys. Chem. 1973. V.77, № 19. – P. 2300-2308.
13. K.S. Pitzer, G. Mayarga Thermodynamics of electrolytes III. Activity and osmotic coefficients 2-2 elerolytes. J. Solitions. Chem. 1974. V.3, № 7. – P. 359-366.

14. Pitser K.S., Kim J. Thermodynamics of electrolytes IV. Activity and osmotic coefficients for mixed electrolytes. –J. Amer. Chem. Soc., 1974. V.96, № 18. – P. 5701-5707.
15. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Т.1, Кн. 1-2, СПб: Химиздат, 2003. – 1152 с.
16. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Т. II, кн. 1,2. – СПб.: Химиздат, 2004.-1247 с.
17. Аносов В.Я. Фиалков Основы физико-химического анализа// В.Я. Аносов, М.И. Озерова, Ю.Я. Фиалков. – М.: Наука, 1976. – 503 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Goroshchenko Ya.G. Mass-centric method of imaging multicomponent systems // Ya.G. Goroshchenko. - Kiev: Naukova Dumka, 1982. - 264 p.
2. Soliev L. Prediction of phase equilibria in a multicomponent marine-type system by the translation method (Kn-1) // L. Soliev. - Dushanbe: TSPU im. K. Dzhuraeva, 2000. - 247 p.
3. Soliev L. Prediction of phase equilibria in a multicomponent marine-type system by the translation method (Kn-2) // L. Soliev. - Dushanbe: "Shuҗoiyon", 2011. - 147 p.
4. Soliev L. Prediction of phase equilibria in a multicomponent marine-type system by the translation method (Kn-3) // L. Soliev. - Dushanbe: "Er-Graf", 2019. - 237 p.
5. Soliev L. The structure of the phase complex and the solubility of the water-salt system of sulfates, carbonates, sodium and calcium hydrocarbonates // L. Soliev, MT. Zhumaev-Dushanbe: "Balogat", 2020. - 212 p.
6. Morozova V.A. // Journal of Applied Chemistry // V.A. Morozova, E.P. Rzhchitsky 1976. T. 49. No. 5. - P.1152.
7. Morozova VA // Journal of Inorganic Chemistry. V.A. Morozov, E.P. Rzhchitsky. - 1977. T. 22. No. 3. - P.873
8. Harrie C. and Weare J.H. The prediction of mineral to labilities natural wate the Na-K-Mg-Ca-SO₄-H₂O System from zero to high concentition at 25°C. Goochim at cosmochimActa. 1980. V.44, № 7. – P. 981-997.
9. Eugster H.P., Harvie C.E. and Weare J.H. Mineral equilibria in a six-component seawater system Na-K-Mg-Ca-Cl-SO₄-H₂O at 25°C.-Geochim at Cogmochim. Acta. 1980. V.44, № 9. – P. 1335-1347.
10. Eugster H.P., Harvie C.E. and Weare J.H. Mineral equilibria in the six-component seawater system Na-K-Mg-Ca-Cl-SO₄-H₂O at 25°C. II Compositions of the Saturated Solutions. –Ceochim. At CosmochimActa. 1982. V.46, № 9. – P. 1603-1618.
11. Pitser N.S. Thermodynamics of electrolytes. Theoretical basic and general aquations. J. Phys. Chem. 1973. V.77, № 2. – P. 268-277.
12. Pitser K.S., Mayarga G. Thermodynamics of electrolytes with onler both Jons univalent. J. Phys. Chem. 1973. V.77, № 19. – P. 2300-2308.
13. Pitser K.S., Mayarga G. Thermodynamics of electrolytes III. Activity and osmotic coefficients 2-2 elerolytes. J. Solitions. Chem. 1974. V.3, № 7. – P. 359-366.
14. Pitser K.S., Kim J. Thermodynamcs of electrolytes IV. Activity and osmotic coefficients for mixed electrolytes. –J. Amer. Chem. Soc., 1974. V.96, № 18. – P. 5701-5707.
15. Handbook of experimental data on the solubility of multicomponent water-salt systems. Vol. 1, Book. 1-2, St. Petersburg: Khimizdat, 2003 . – 1152 p.
16. Handbook of experimental data on the solubility of multicomponent water-salt systems. T. II, book. 1.2. - SPb .: Himizdat, 2004.-1247 p.
17. Anosov V.Ya. Fialkov Fundamentals of physical and chemical analysis // V.Ya. Anosov, M.I. Ozerova, Yu. Ya. Fialkov. - M .: Nauka, 1976 .- 503 p.

МУВОЗИНАТҲОИ ФАЗАГИИ СИСТЕМАИ $2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{CO}_3\text{-KHCO}_3\text{-KF-H}_2\text{O}$ ҲАРОРАТИ 0°C

Дар мақола омӯзиши мувозинатҳои фазагӣ дар элементҳои геометрии системаи панҷкомпонентии обӣ-намакии аз сульфатҳо, карбонатҳо, гидрокарбонатҳо ва фторидҳои калий таркибёфта дар ҳарорати 0°C мавриди муҳокима қарор гирифта, дар натиҷа диаграммаи мувозинатҳои фазагии онҳо сохта шудааст. Қонуниятҳои омӯзиши сохтори мувозинатҳои фазагии системаи додашуда, натавонанд ҳамчун дастоварди илмӣ, дар шакли маълумотнома истифодашаванда, балки барои бунёди шароити оптималии коркарди моеъи саноатии истехсоли алюминий, ки намакҳои сульфатҳо, карбонатҳо, гидрокарбонатҳо ва фторидҳои калий доранд, истифода мешаванд. Барои ҳалли мақсади гузошташуда мо аз усули транслятсия истифода намудем, ки дар он андозаи элементҳои геометрии системаҳои мавҷуда, зимни илова намудани компоненти навбатӣ ба як ченак зиёд мешаванд, яъне элементҳои геометрии дар шакли транслятсияшуда, трансформатсия мешаванд. Системаи панҷкомпонентии омӯхташаванда аз чор системаҳои чоркомпонентии иборат буда, дар натиҷаи илова намудани компоненти панҷум ба дилҳои системаҳои чоркомпонентии он, элементҳои геометрии онҳо трансформатсия мешаванд. Элементҳои геометрии трансформатсияшуда, вобаста ба хосиятҳои топологияшон дар сатҳи панҷкомпонентагӣ транслятсия (интиқол) мешаванд. Дар сатҳи панҷкомпонентагӣ элементҳои геометрии трансформатсияшуда ва транслятсияшуда вобаста ба

талаботҳои қоидаи фазаи Гиббс бо ҳам вохурда, элементҳои геометрии ин сатҳро ҳосил мекунамд. Омӯзиши мувозинатҳои фазагии системаи панҷкомпонентаи обӣ-намакии аз сулфатҳо, карбонатҳо, гидрокарбонатҳо ва фторидҳои калий таркибёфта дар ҳарорати 0°C ва сохтани диаграммаи он бо усули транслятсия, муайян намуд, ки барои он дар ҳарорати додашуда нӯҳ майдони дивариантӣ, ҳафт хати моновариантӣ ва ду нуқтаи нонвариантӣ ҳос мебошад. Дар асоси натиҷаҳои ба даст оварда маротибаи аввал диаграммаи сарбасти мувозинатҳои фазагии системаи омӯхташаванда сохта шуда, барои гуворо гаштани он, ба майдонҳои дивариантӣ фазаҳои сахти алоҳидаи кристаллизатсионӣ, фрагментатсия қарда шудааст.

Калидвожаҳо: система, усулитранслятсия, компонент, диаграмма, элементҳои геометрӣ.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ K_2SO_4 - K_2CO_3 - $KHCO_3$ - KF - H_2O ПРИ 0°C

В статье обсуждены результаты определения возможных фазовых равновесий на геометрических образах пятикомпонентной водно-солевой системе из сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов, фторидов калия при 0°C с последующим построением её диаграммы фазового равновесия. Закономерности, определяющие строения фазового равновесия данной системы, использовать как для получения научных данных, используемых в виде справочного материала, а также для того, чтобы создавать оптимальные условия утилизации жидких отходов промышленного производства алюминия, содержащих сульфатных, карбонатных, гидрокарбонатных и фторидных солей калия. Для решения поставленной цели мы использовали метод трансляции, согласно которому размерность геометрических образов диаграммы исходной (частной) системы, при добавлении последующего компонента в неё, увеличивается на единицу, т.е. геометрические образы трансформируются. В связи с тем, что исследуемая пятикомпонентная система состоит из четырёх частных четырёхкомпонентных систем, то добавление в любой из них пятого компонента сопровождается трансформацией геометрических образов всех пяти четырёхкомпонентных систем. Трансформированные геометрические образы, исходя из своих топологических свойств, транслируются (переносятся) на уровень пятикомпонентного состава. На уровне пятикомпонентного состава трансформированные и транслированные геометрические образы, с соблюдением правила фаз Гиббса, взаимно пересекаются и образуют геометрические образы данного уровня компонентности. Исследование фазовых равновесий пятикомпонентной водно-солевой системы из сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов, фторидов калия и построение её диаграммы фазового равновесия методом трансляции при 0°C показало, что для неё при этой температуре характерно наличие девяти дивариантных полей, семи моновариантных кривых и двух нонвариантных точек. На основе полученных данных впервые построена полная замкнутая фазовая диаграмма исследованной системы и для удобства её чтения фрагментирована по дивариантным полям кристаллизации равновесных твёрдых фаз.

Ключевые слова: система, метод трансляции, компонент, диаграмма, геометрические образы.

PHASE BALANCE IN SYSTEM K_2SO_4 - K_2CO_3 - $KHCO_3$ - KF - H_2O AT 0°C

The article discusses the results of determining possible phase equilibria on geometric images of a five-component water-salt system of sulfates, carbonates, fluorides potassium at 0°C with subsequent construction of its phase-complex diagram. The patterns determining the structure of the phase complex of this system are necessary both for obtaining scientific data used in the form of reference material and also for creating optimal conditions for the utilization of liquid wastes of aluminum industrial production containing sulfate, carbonate and hydrocarbonate salts of sodium and calcium. To solve the set goal, we used the method of translation, according to which the dimension of the geometric images of the diagram of the original (private) system, with the addition of the subsequent component to it, increases by one, i.e. geometric images are transformed. In connection with the fact that the studied five-component system consists of five particular four-component systems, the addition of the fifth component to any of them is accompanied by the transformation of the geometric images of all five four-component systems. Transformed geometric images, based on their topological properties, are translated (transferred) to the level of a five-component composition. At the level of the five-component composition, the transformed and translational geometric images, in accordance with the Gibbs phase rule, intersect and form geometric images of a given level of componentness. The study of the phase equilibria of a five-component water-salt system of sulfates, carbonates, hydrocarbonates, potassium fluorides and the construction of its phase equilibrium diagram by the translation method at 0 ° C showed that at this temperature it is characterized by the presence of nine divariant fields, seven monovariant curves and two invariant points ... On the basis of the data obtained, a complete closed phase diagram of the studied system has been constructed for the first time and, for the convenience of its reading, is fragmented according to the divariant crystallization fields of equilibrium solid phases.

Key words: system, translation method, component, diagram, geometric images

Маълумот дар бораи муаллиф: *Солиев Лутфулло* – Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ, доктори илмҳои химия, профессори кафедраи химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. **Суроға:** 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121.

Ибрагимова Б.М. – Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ, унвонҷӯи кафедраи химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. **Суроға:** 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **E-mail:** ibragimova.bibigul@bk.ru. Тел. (+992)-988-88-55-58

Жумаев М.Т. – Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ, н.и.х., дотсенти кафедраи химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. **Суроға:** 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **Тел.:** (+992) – 90-44-44-100

Низомов И.М. – Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ, н.и.х., мудири кафедраи химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. **Суроға:** 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. E-mail: isokhon@mail.ru. **Тел.:** (+992)–93-507-55-58

Мусоҷонзода Ҷ.М. – Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ, н.и.х., дотсенти кафедраи химияи умумӣ ва ғайриорганикӣ. **Суроға:** 734003, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 121. **E-mail:** musojonova-j@mail.ru. **Тел.:** (+992)–00-66-01-601

Сведения об авторах: Солиев Лутфулло – Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айнӣ доктор химических наук, профессор кафедры общей и неорганической химии. **Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121.

Ибрагимова Б.М. – Таджикский Государственный Педагогический Университет им. С. Айнӣ, выпускник кафедры общей и неорганической химии. **Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121. **E-mail:** ibragimova.bibigul@bk.ru. **Тел. (+992) -988-88-55-58**

Жумаев М.Т. - Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айнӣ, кандидат химических наук, доцент кафедры общей и неорганической химии. **Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121. **Тел. : (+992) - 90-44-44-100**

Низомов И.М. – Таджикский государственный педагогический университет им. С. Айнӣ, доктор химических наук, заведующий кафедрой общей и неорганической химии. **Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121. **E-mail:** isokhon@mail.ru. **Тел.:** (+992) –93-507-55-58

Мусоҷонзода Ҷ.М. – Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айнӣ, кандидат химических наук, доцент кафедры общей и неорганической химии. **Адрес:** 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 121. **E-mail:** musojonova-j@mail.ru. **Тел. : (+992) –00-66-01-601**

Information about the authors: Soliev Lutfullo – Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni, Doctor of Chemical Sciences, Professor of Department of General and Inorganic Chemistry. **Address:** 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121.

Ibragimova B.M. – Tajik State Pedagogical University named after S. Ayni, Graduate of the Department of General and Inorganic Chemistry. **Address:** 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121. E-mail: ibragimova.bibigul@bk.ru. **Phone: (+992) -988-88-55-58**

Zhumaev M.T. – Tajik State Pedagogical University named after S. Ayni, Ph.D., Associate Professor of General and Inorganic Chemistry. **Address:** 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121. **Phone: (+992) -90-44-44-100**

Nizomov I.M. – Tajik State Pedagogical University named after S. Ayni, Ph.D., Head of the Department of General and Inorganic Chemistry. **Address:** 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121. **E-mail:** isokhon@mail.ru. **Tel.:** (+992) –93-507-55-58

Musajonzoda J.M. – Tajik State Pedagogical University named after S. Ayni, Ph.D., Associate Professor of General and Inorganic Chemistry. **Address:** 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 121. **E-mail:** musojonova-j@mail.ru. **Tel.:** (+992) –00-66-01-601

**ҶАНБАҲОИ ФИЗИКИЮ-ХИМИЯВӢ ВА ЭКОЛОГИИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ
БИОГАЗ ДАР АСОСИ РАСТАНИҲОИ ФЛОРАИ МИНТАҚАҲОИ ОСЕБПАЗИРИ
КВД «ШАТ»**

Иброгимов Д.Э., Гулаҳмадов Ҳ.Ш., Зайниддинов Т.Н.
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С.Осимӣ

Пайдошавии инқилоби илмию–техникӣ мутахассисонро бо он рӯҳбаланд намуд, ки инсоният тавассути технологияҳои навини коркардгардида метавонад натанҳо талаботи иқтисодию иҷтимоии худро қонеъ гардонад, инчунин баъзе равандҳои биохимиявиро низ дар организмҳои зинда идорашаванда созад. Ботадрич саноатикунонӣ дар арсаи байналмиллалӣ имрӯз ба пешрафти иқтисодиёти ҷаҳон як такони мусбиро тавлид намуда истодааст.

Ин пешравӣ дар баробари беҳгардонии вазъи иқтисодии кишварҳо боиси ба миён омадани мушкилотҳои глобалии экологӣ гардидааст. Айни замон олимони мутахассисони соҳаи экология оид ба гармшавии иқлими сайёра аз ҳисоби партовҳои газии корхонаҳои саноатӣ ва сӯзонидани энергиябарандаҳо маълумот пешниҳод карда муайян намуданд, ки ин мушкилотҳо метавонанд дар оянда оқибатҳои ногуворро ба миён оваранд [1,2,7,8].

Мушкилоти дигари экологӣ, ки ҳалли он пажӯҳиш ва таҳқиқотхоро талаб менамояд, муайян намудани таъсири партовҳои саноатӣ ба вазъи экологии флора ва фаунаи табиати замин мебошад.

Новобаста аз он, ки табиати Тоҷикистон дар миқёси байналмиллалӣ яке аз минтақаҳои аз ҷиҳати экологӣ тоза арзёбӣ гардидааст дар ин кишвар низ баъзе аз мушкилотҳои экологӣ дида мешаванд. Яке аз чунин мушкилот ин муайян намудани вазъи экологии минтақаҳои осебпазирӣ КВД «ШАТ» дар ш.Турсунзода мебошад. Пажӯҳиш ва таҳқиқотҳо дар ин самт имкониятеро фароҳам меоварад, ки натанҳо вазъи экологии минтақа баҳогузори карда шавад, инчунин роҳҳои беҳгардонии вазъи экологӣ коркард гардад. Барои амалӣ намудани ин мақсадҳо гузаронидани таҳлилҳои эксперименталӣ оид ба муайян намудани таъсири партовҳои газӣ ва аэрозолии КВД «ШАТ» ба биохимияи компонентҳои таркиби растаниҳо аз аҳамият ҳолӣ набуда, метавонад дар дарёфти муаммои вобастагии метаболизми ҳосилшавии моддаҳо ва маҳсулнокии биологии онҳо вобаста ба вазъи экологии маҳал, замимагузори намояд.

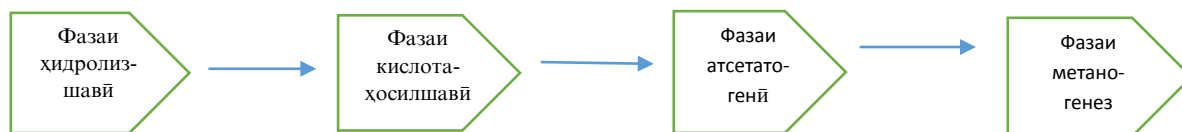
Безараргардонии растаниҳои аз нигоҳи экологӣ зараровари чунин минтақаҳо, яке аз мушкилоти ҷойдоштаи илми экологияи муҳандисӣ мебошад. Коркарди технологияҳои муфиди безарагардонии чунин растаниҳои беманфиат, натанҳо дар рушди илми экологияи муҳандисӣ замимагузори менамояд, инчунин он метавонад дар такмил додани технологияҳои навини ҳосил намудани сӯзишвориҳои алтернативии биологӣ замимагузори намояд.

Яке аз мушкилоти ҷойдошта дар ин самт ин набудани маълумоти кофӣ илман асоснок оид ба ҷанбаҳои физикию химиявии биотехнологияи ҳосилшавии биогаз дар асоси растаниҳо мебошад. Таҳқиқотҳо дар ин самт натанҳо дар маълум намудани назарияи механизми реаксияҳои атсетогенӣ, метаногенӣ ва омӯзиши равандҳои химосорбсия зарур мебошад, инчунин дар дарёфт намудани вариантҳои оптималии ҳосил намудани биогаз аз растаниҳо, метавонад саҳмгузори намояд. Ҳамаи ин тавсифҳо аз он гувоҳӣ медиҳанд, ки мавзӯи мазкур аз нигоҳи илмӣ ва амалӣ зарурӣ буда, дар ҳалли мушкилотҳои ҷойдошта, метавонад саҳми назарраси худро гузорад.

Ин афзалиятҳо ба инобат гирифта дар ин самт як зумра таҳқиқот гузаронида шуд [10,11,13,15]. Дар асоси натиҷаҳои бадастовардашудаи таҳлил муайян гардид, ки партови газӣ ва аэрозолии КВД «ШАТ» ба вазъи экологии минтақаҳои осебпазир таъсири манфии худро метавонад расонанд. Ҳангоми истифодаи тӯлонӣ ин растаниҳо ҳамчун гизои чорво метавонад ҳайвоноти алафхурро ба бемории

вайроншавии мубодилаи калсий ва фосфор, мубтало созад. Яке аз роҳҳои ҳалли ин мушкилоти экологӣ безарагардонию ин гурӯҳи растаниҳо мебошад.

Ин ҷабҳаҳо ба инобат гирифта дар асоси ин гурӯҳи растаниҳо ва барги дарахтоне, ки дар минтақаҳои осебпазири КВД «ШАТ» афзоишу инкишоф меёбанд технологияи муфиди истехсоли биогаз коркард карда шуд. Технологияи коркардшударо ҷабҳаҳои зерин дар бар мегирад (расми 1).



Расми 1. Ҷанбаҳои биохимиявии ҳосилшавии биогаз дар асоси растаниҳои хурдӯ ва барги дарахтон

Рис. 1. Биохимические аспекты производства биогаза на основе дикорастущих растений и листьев деревьев

Fig. 1. Biochemical aspects of biogas production based on wild plants and leaves of trees

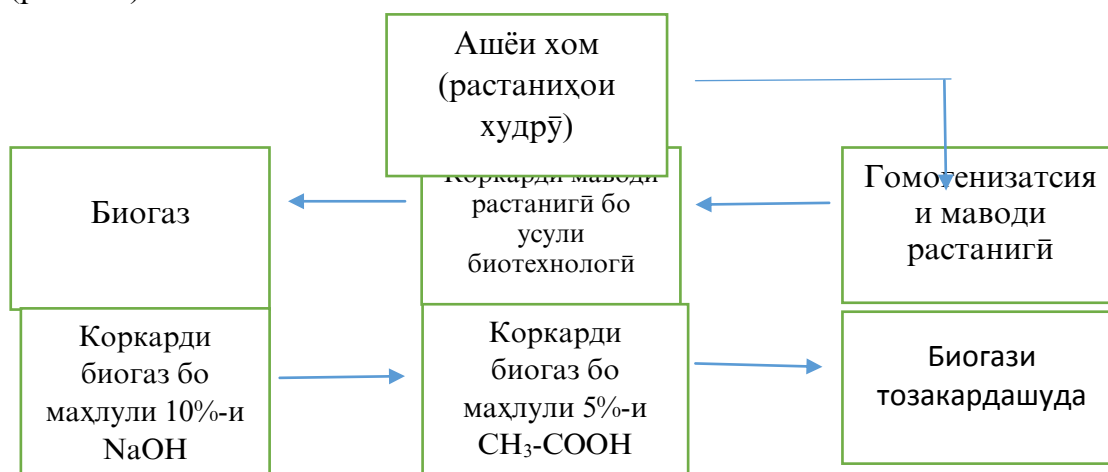
Чӣ тавре аз ҷанбаҳои биохимиявии технологияи коркардшуда, ки дар расми 1 баррасӣ гардидааст, ҳосилшавии биогаз чор фазаро дар бар мегирад. Дар фазаи якум ҳидролизи пайвастаҳои калонмолекулаи органикӣ амалӣ карда мешавад. Ин коркарди технологӣ боиси он мегардад, ки ангиштбӯҳо ва сафедаҳо, ки асоси таркиби химиявии растаниҳои хурдӯйдро ташкил медиҳад ба мономерҳо табдил меёбанд.

Баъди ҳидролизшавӣ таҳти таъсири микроорганизмҳо пайвастаҳои органикӣ ҳосилшуда ба кислотаҳои органикӣ табдил меёбанд. Дар ин ҷо қайд намудан зарур аст, ки дар баробари ҳосилшавии кислотаҳои карбонӣ, инчунин, як гурӯҳ пайвастаҳои органикӣ аз қабилҳои амиак, ҳидрогенсулфид ва ҳидроген ҳосил мешавад. Дар ҳосилшавии амиак ва ҳидрогенсулфит боқимондаҳои аминокислотагии таркиби сафедаҳо мусоидат менамоянд.

Дар фазаи ацетогенӣ кислотаҳои калонмолекулаи органикӣ таҳти таъсири бактерияҳои ацетогенӣ ба кислотаи ацетат табдил меёбанд. Пас аз чунин табдилёбӣ фазаи метаногенез оғоз меёбанд, ки дар натиҷаи он кислотаи ацетат ба метан ва диоксиди карбон мубаддал мегардад.

Айни замон як қатор ширкатҳо, ки дар Олмон, Дания, Чин, ШМА ва Руссия фаъолият менамоянд дастгоҳҳо ва таҷҳизотҳои истехсоли биогазро харидорӣ намудан мумкин аст. Таҳлили кори ин дастгоҳҳо ва муқоисаи технологияи коркардшуда, ки дар шароити лабораторӣ амалӣ карда шудааст нишон дод, ки дар технологияҳои маълум як норасоӣ мушоҳида карда мешавад. Ин норасоӣ дар он мебошад, ки аз таркиби биогази ҳосилкардашуда тоза намудани компонентҳои нолозима ба нақша гирифта нашудааст [3-6].

Аз ҳамин лиҳоз ҳангоми сӯختани биогази коркарднашуда натавонанд гази CO_2 , инчунин метавонанд газҳои нитрогендор ва сулфурдор хорич гардад. Ин мушкилотро ба инобат гирифта дар технологияи коркардгардида тоза намудани ин газҳо ба нақша гирифта шуд. Тоzaкунии ин газҳо аз рӯи технологияи зерин амалӣ мегардад (расми 2).



Расми 2. Хатти технологии тоза намудани метан ва ҳидроген аз газҳои ҳамроҳ

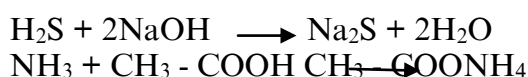
Рис. 2. Технологическая линия очистки метана и водорода от попутных газов

Fig. 2. Technological line for purification of methane and hydrogen from associated gases

Чӣ тавре, ки аз хати технологии, технологияи коркардшуда бармеояд барои ҳосил намудани биогаз аз маводи растанӣ он гомогенизатсия карда мешавад. Раванди гомогенизатсия боиси он мегардад, ки ҳучайраҳои таркибии баргу пояи растани вайрон гардад. Вайроншавии ҳучайраҳои фазаи биохимиявии ҳосилшавии метанро метезонад.

Дар рафти ҳосилшавии биометан инчунин газҳои H_2S , NH_3 , H_2 ва CO_2 ҳосил мегардад. Ҳангоми гузаронидани биогаз аз таркиби маҳлули 10%-и $NaOH$, газҳои H_2S химосорбсия карда мешавад. Гази амиаки таркиби биогаз бошад бо истифода аз маҳлули $CH_3 - COOH$ тоза карда мешавад.

Химизми ин технологияро бо муодилаи химиявии зерин шарҳ додан мумкин аст:



Дар технологияи таҳризишуда барои зиёд намудани ҳиссаи массаи метан, биогаз инчунин аз таркиби оҳаки шукуфта ($Ca(OH)_2$) гузаронида мешавад. Чунин коркарди технологӣ боиси он мегардад, ки CO_2 бо $Ca(OH)_2$ таъсири мутақобила намуда $CaCO_3$ дар шакли таҳшон ҳосил мегардад.

Барои муайян намудани афзалиятҳои технологияи коркардшуда бо истифода аз тарихаҳои таҳлили физикию – химиявӣ ва методҳои химияи органикӣ таркиби химиявии биогази ҳосилкардашударо пеш аз тозакунии ва пас аз тозакунии муайян карда шуд. Натиҷаҳои таҳлил дар ҷадвали 1 пешниҳод шудааст.

Ҷадвали 1. Тағйирёбии таркиби химиявии биогаз пас аз тоза намудан бо усули химосорбсия

Таб. 1. Изменение химического состава биогаза после очистки хемосорбцией
Tab. 1. Changes in the chemical composition of biogas after purification by chemisorption

Таркиби биогаз	Ҳиссаи массаи компонентҳои таркиби газ (бо %)					
	CH_4	CO_2	H_2S	NH_3	H_2	Газҳои дигар
Биогази ҳосилкардашуда пеш аз коркард	62	34	1,5	0,8	0,7	1
Биогази ҳосилкардашуда пас аз коркард	94,3	-	ниҳоят кам	ниҳоят кам	2,3	2,9

Чи тавре аз натиҷаҳои таҳлили таркиби химиявии биогази ҳосилкардашуда бармеояд (ҷадвали 1) пас аз коркард ҳиссаи массаи метан то 94,3 % баланд бардошта мешавад. Ба зиёд шудани ҳиссаи массаи метан тавассути сорбентҳо ҷабида шудани газҳои CO_2 , H_2S ва NH_3 мусоидат менамояд.

Бо истифода аз ин технологияи коркардшуда дар асоси барги чинор (*Platanus orientalis*) низ биогаз ҳосил карда шуд. Таркиби химиявии гази ҳосилкардашуда муайян гардид. Натиҷаҳо дар ҷадвали 2 пешниҳод карда шудааст.

Ҷадвали 2. Таркиби химиявӣ биогaзи дар асоси барги чинор (*Platanus orientalis*)

ҳосилкардашуда

Таблица 2. Химический состав биогaза на основе кленового листа (*Platanus orientalis*)

Table 2. Chemical composition of biogaz based on maple leaf (*Platanus orientalis*)

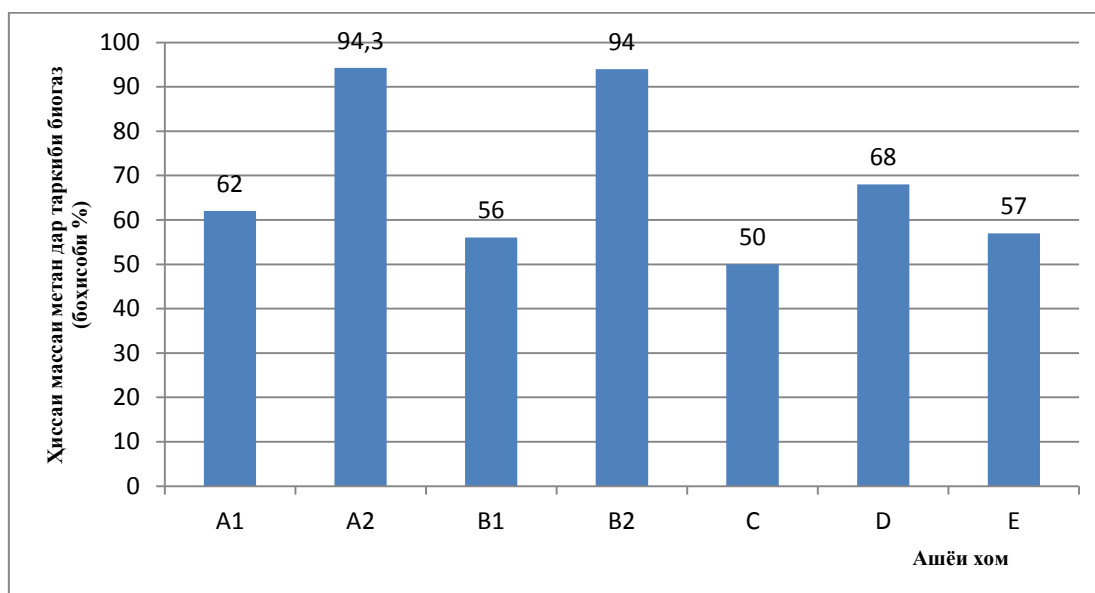
Компонентҳои идентификатсия кардашуда	CH ₄		CO ₂		H ₂ S		NH ₃		H ₂		Газҳои номаълум	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Ҳиссаи ҳаҷми компонентҳои муайяншуда (бо ҳисоби %)	56	94	38,7	-	1,2	-	0,6	0,03	1,1	2,6	2,4	3,4

Эзоҳ: а – биогaзи бо технологияи маълум ҳосилкардашуда, б – биогaзи бо технологияи коркардшуда ҳосилкардашуда

Аз натиҷаҳои таҳлили таркиби химиявӣ бармеояд, ки дар ҳолати истифодаи барги чинор (*Platanus orientalis*) ҳамчун ашёи хоми ниҳой, ҳангоми ҳосил намудани биогaз, ҳиссаи массаи метан дар таркиби ин газ ба 56% баробар мегардад. Ин баромади метан нисбат ба биогaзе, ки аз растаниҳои хурӯ ҳосил карда мешавад 7% камтар мебошад.

Таҳқиқотҳои гузаронидашуда оид ба муайян намудани таркиби химиявӣ растаниҳои хурӯ ва барги чинор (*Platanus orientalis*) муайян карда шуд, ки таркиби химиявӣ растаниҳои хурӯ ба таркиби химиявӣ барги чинор аз сафедаҳо, селлюлоза ва крахмал нисбатан бой мебошад. Аз ҳамин лиҳоз маҳсулнокии реаксияи ҳосилшавии метан, ҳангоми истифодаи растаниҳои хурӯ зиёдтар мебошад.

Барои муқоиса намудани афзалиятҳои технологияи коркардшуда ва муайян намудани вобастагии он ба таркиби химиявӣ, баромади метанро дар таркиби биогaзҳои маълум [4,14] таҳлил намудем. Натиҷаҳо дар расми 3 пешниҳод шудааст.



Расми 3. Вобастагии маҳсулнокии баромади метан аз таркиби химиявӣ ашёи хоми ниҳой

Рисунок 3. Зависимость производительности выхода метана от химического состава конечного сырья

Figure 3. Productivity dependence of methane output on the chemical composition of the final raw material

Эзоҳ: A₁ – Ҳиссаи массаи CH₄ дар таркиби биогaзи аз растаниҳои хурӯидбо истифода аз усули маълум ҳосилкардашуда; A₂ – Ҳиссаи массаи CH₄ дар таркиби биогaзи аз растаниҳои хурӯид бо истифода аз технологияи коркардшуда ҳосил карда шудааст; B₁ –

*Ҳиссаи массаи CH_4 дар таркиби биогази аз барги чинор (*Platanus orientalis*) ҳосилкардашуда; B_2 – Ҳиссаи массаи CH_4 дар таркиби биогази аз барги чинор бо технологияи коркардшуда ҳосил кардашуда; C - Ҳиссаи массаи CH_4 дар таркиби биогази аз партовҳои коммуналӣ ҳосилкардашуда; D – ҳиссаи массаи CH_4 дар таркиби биогази аз барги сӯзанбарг ҳосилкардашуда; E – ҳиссаи массаи CH_4 биогазе, ки аз баргу пояи чуворимакка ҳосил кардашуда*

Чи тавре аз натиҷаҳои таҳлили сифатӣ ва миқдории CH_4 дар таркиби биогазҳои аз растаниҳои хурдӯйид ва барги чинор, ки аз минтақаҳои осебпазири назди КВД «ШАТ» ҳосилкардашуда ва муқоисаи натиҷаҳои илмӣ мутахассисони соҳавӣ (C, D, E) [4,11] бармеояд, дар таркиби биогазе, ки аз растаниҳои хурдӯйид ва барги чинор (*Platanus orientalis*) ҳосил карда шудааст, ҳиссаи ҳаҷми CH_4 нисбати биогази аз барги сӯзанбарг ҳосил гардидааст, чандон зиёд нест, вале ҳангоми химосорбсия намудани газҳои CO_2 , H_2S ва NH_3 ҳиссаи ҳаҷми метан то 94,3% зиёд мегардад. Сабаби зиёдшавии ҳиссаи ҳаҷми CH_4 ба коҳишёбии ғализати газҳои дигари таркиби биогаз вобаста мебошад. Дар ин ҷо қайд намудан ба маврид аст, ки пас аз ҳосил намудани биогаз аз таркиби растаниҳои хурдӯйид ва барги чинор пору боқӣ мемонад. Афзалияти ин нурии органикӣ аз нуриҳои органикии дигар дар он мебошад, ки он дар таркиби худ дар баробари моддаҳои ғизоии нитрогендор ва фосфордор инчунин як зумра макро – ва микроэлементҳоро аз қабилӣ Al , Se , Mn , Mo , Ca , K , Na , F ва ғайраро дорад.

Дар натиҷаҳои бадастовардаи илмӣ мутахассисони соҳавӣ [4,9,10,11,] нишон дода шудааст, ки фтор барои зиёд намудани маҳсулнокии биологии ғаладонагиҳо хусусан шолӣ ва сулӣ метавонад замимагузорӣ намояд.

Ҳамин тариқ бо истифода аз тариқаҳои таҳлили физикию – химиявӣ, методҳои биохимиявӣ ва методҳои муҳандисию экологӣ дар асоси растаниҳои хурдӯ ва барги чинори (*Platanus orientalis*) флораи минтақаи осебпазири КВД «ШАТ» технологияи муфиди истеҳсоли биогаз коркард карда шуд. Натиҷаҳои таҳлили таркиби химиявӣ биогази ҳосилкардашуда нишон дод, ки дар рафти равандҳои технологӣ аз ҳисоби коҳиш додани газҳои CO_2 , H_2S ва NH_3 ҳиссаи ҳаҷми метан то 94,4% баланд бардошта мешавад. Зиёдшавии ҳиссаи массаи CH_4 дар таркиби биогаз ба зиёдшавии гармии сӯзиши биогази ҳосилкардашуда мусоидат менамояд.

Технологияи коркардгардида бепартов буда, боқимондаҳои технологиро ҳамчун нуриҳои органикӣ барои баланд бардоштани ҳосилнокии ғаладонагии шолӣ метавонанд истифода бошад.

АДАБИЁТ

1. Баранов, А.Н. Экологические проблемы металлургического производства/ А.Н. Баранов, Л.В.Гавриленко, Н.И. Янченко. -Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 208 с.
2. Большина Е.П. Экология металлургического производства/ Е.П.Большина. – Новотроицк: НФ НИТУ, «МИСиС», 2012. – 155 с.
3. Васильев А.В. Обеспечение экологической безопасности в условиях городского округа Тольятти/ А.В. Васильев. - Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. – 201 с.
4. Гаврилова, В.А. Перспективы и реальность использования масел растительного происхождения в качестве биотоплива / В.А.Гаврилова, А.Г. Дубовская, Н.Г. Конькова, Г.К. Низова // Масложировая промышленность. - 2005. - №4. - С. 15-17.
5. Галевский, Г.В. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия/ Г.В.Галевский, Н.М.Кулагин, М.Я. Минцис. - М.: Наука, 2005. – 272 с.
6. Замай С.С. Модели оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами в информационно-аналитической системе природоохранных служб крупного города / С.С. Замай, О.Э. Якубайлик. - Красноярск: КГУ, 1998. - 109 с.
7. Иброгимов, Д.Э. Некоторые экологические проблемы очистного сооружения г. Душанбе / Д.Э. Иброгимов, С.Р. Исмоилов, //НЕФТЬ И ГАЗ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Косухина Анатолия Николаевича, - Россия: -2015. –С.167 – 170.
8. Иброгимов, Д.Э. Безотходное производство нефтегазовой отрасли/ Д.Э. Иброгимов, Х.Ш. Гулаҳмадов // Вестник Таджикского технического университета. №2(26) – Душанбе: Шинос, - 2014. – С.120-121.

9. Иброгимов, Д.Э. Эффективные технологии регенерации некоторых жирных и эфирных масел [Текст] / Д.Э. Иброгимов, К.М. Палавонов, Д.Р. Норкулова // Вестник Таджикского национального университета, №1. – Душанбе: Сино, 2015. – С.40-48.
10. Иброгимов Д.Э. Эффективные технологии производства биодизеля на основе растительных технических масел/ Д.Э.Иброгимов, Т.С.Маджидов, Х.Ш. Гулахмадов, Т.М. Махмудова // Политехнический Вестник серия: инженерные исследования – Душанбе: Шинос, -2019. -№1(45). – С.117-121.
11. Иброгимов Д.Э. Экологические аспекты перспективы применения альтернативных топлив в транспортном секторе Республики Таджикистан/ Д.Э.Иброгимов, А.С.Фохаков, Т.М.Махмудова//Вестник Таджикского национального университета (ISSN-2413-452X.)-2019. №2. – С..86-93.
12. Иброгимов Д.Э. Физико-химические аспекты технологии получения биодизеля на основе масла семян *Eruca sativa* Mill/ Д.Э.Иброгимов, Т.М.Махмудова, Ф.Д.Иброгимов, Дж.Н.Ахмад, М.Р.Абдул, Дж.Некмухаммад // Вестник Таджикского национального университета (ISSN-2413-452X.) -2019. №3. – С.202-208.
13. Иброгимов, Д.Э. Таъсири партовҳои саноати КВД Ширкати алюминии Тоҷик ба таркиби химиявии флораи минтақа/ Д.Э. Иброгимов, Х.Ш. Гулахмадов// Маводи конфронси ҷумҳуриявии илмию амалӣ дар мавзӯи “Заминаҳои рушд ва дурнамои илми химия дар ҚТ” Бахшида ба 60-солагии факултети химия ва гиромидошти хотираи д.и.х., профессор, академики АИ ҚТ Нӯмонов Ишонкул Усмонович 12-14 сентябри соли 2020, ДМТ, Душанбе. – С.222-224.
14. Иброгимов Д.Э., Эффективные технологии получения биодизеля на основе местного сырья/ Д.Э.Иброгимов, Т.М.Махмудова, Х.Н.Одинаев, Б.А.Рахимов // материалы Республиканской научно-практической конференции Наука – основа инновационного развития Душанбе- 2020. – С.352-354
15. Иброгимов Д.Э., Таъсири партовҳои КВД Ширкати алюминии тоҷик ба раванди биохимиявии ҳосилшавии компонентҳои таркиби баъзе растаниҳои флораи минтақа/ Д.Э. Иброгимов, Х.Ш.Гулахмадов, Ф.Д. Ибрагимов //Конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалии Илм – асоси рушди инноватсионӣ Душанбе- 2020. – С.354-357.

REFERENCES LITERATURE

1. I. Baranov, A.N. Environmental problems of metallurgical production / A.N. Baranov, L.V. Gavrilenko, N.I. Yanchenko. -Irkutsk: Publishing house ISTU, 2008. - 208 p.
2. Bolshina E.P. Ecology of metallurgical production / E.P. Bolshina. - Novotroitsk: NF NUST, "MISiS", 2012. - 155 p.
3. Vasiliev A.V. Ensuring environmental safety in the urban district of Togliatti / A.V. Vasiliev. - Samara: Publishing house of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2012. -- 201 p.
4. Gavrilova, V.A. Prospects and reality of using vegetable oils as biofuel / V.A. Gavrilova, A.G. Dubovskaya, N.G. Kon'kova, G.K. Nizova // Oil and fat industry. - 2005. - No. 4. - P. 15-17.
5. Galevsky, G.V. Ecology and waste disposal in aluminum production / G.V. Galevsky, N.M. Kulagin, M.Ya. Mintsis. - М.: Наука, 2005. - 272 p.
6. Zamay S.S. Models for assessing and forecasting air pollution by industrial emissions in the information and analytical system of environmental services of a large city / S.S. Zamay, O.E. Yakubailik. - Krasnoyarsk: KSU, 1998. - 109 p.
7. Ibrogimov, D.E. Some environmental problems of the treatment plant in Dushanbe / D.E. Ibrogimov, S.R. Ismoilov, // OIL AND GAS OF WESTERN SIBERIA Materials of the International Scientific and Technical Conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Anatoly Nikolaevich Kosukhin, - Russia: -2015. –P. 167 - 170.
8. Ibrogimov, D.E. Waste-free production of the oil and gas industry / D.E. Ibrogimov, Kh.Sh. Gulakmadov // Bulletin of the Tajik Technical University. No. 2 (26) - Dushanbe: Shinos, - 2014. - P.120-121.
9. Ibrogimov, D.E. Effective technologies for the regeneration of some fatty and essential oils [Text] / D.E. Ibrogimov, K.M. Palavonov, D.R. Norkulova // Bulletin of the Tajik National University, №1. - Dushanbe: Sino, 2015. - P.40-48.
10. Ibrogimov D.E. Efficient technologies for the production of biodiesel based on vegetable technical oils / D.E. Ibrogimov, T.S.Madzhidov, Kh.Sh. Gulakhmadov, T.M. Makhmudova // Polytechnic Bulletin series: engineering research - Dushanbe: Shinos, -2019. -№1 (45). - P.117-121.
11. Ibrogimov D.E. Environmental aspects of the prospects for the use of alternative fuels in the transport sector of the Republic of Tajikistan / D.E. Ibrogimov, A.S. Fohakov, T.M. Makhmudova // Bulletin of the Tajik National University (ISSN-2413-452X.) - 2019. №2. - P. 86-93.
12. Ibrogimov D.E. Ibrogimov D.E., Makhmudova T.M., Ibrogimov F.D., Ahmad J.N., Abdul M.R., Nekmukhammad J.N. Physicochemical aspects of biodiesel production technology based on seed oil *Eruca sativa* Mill // Bulletin of the Tajik National University (ISSN-2413-452X.) -2019. No. 3. - P.202-208.

13. Ibrogimov, D.E. The impact of industrial waste unitary enterprise Tajik Aluminum Company Flora chemical composition of the region / D.E. Ibrogimov, X.Ş. Girlfriend // Materials of scientific and practical conference on the theme "the knowledge base for the development and prospects of chemistry in RT" is devoted to the 60th anniversary of the Faculty of Chemistry and to honor the memory d.i.x., professor, academician of the Academy of Sciences Nŷmonov Işonqul Usmonovic September 12-14 2020, National University, Dushanbe. - P.222-224.
14. Ibrogimov D.E., Effective technologies for producing biodiesel based on local raw materials / D.E. Ibrogimov, T.M. Makhmudova, Kh.N. Odinaev, B.A. Rakhimov // materials of the Republican Scientific and Practical Conference Science - basis of innovative development in Dushanbe - 2020. - p. 352-354
15. Ibrogimov D.E., impact unitary enterprise Tajik Aluminum Company waste to the biochemical process xosilşavii ingredient composition of some regional Flora plants / D.E. Ibrogimov, X.Ş.Gulaxmadov, FA Ibragimov // Scientific-Practical Conference of Science - based innovation Dushanbe- 2020 - S.354-357.

ЇАНБАЊОИ ФИЗИКИЮ-ХИМИЯВӢ ВА ЭКОЛОГИИ ӲОСИЛ НАМУДАНИ БИОГАЗ ДАР АСОСИ РАСТАНИЊОИ ФЛОРАИ МИНТАЌАЊОИ ОСЕБПАЗИРИ ҚВД «ШАТ»

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқ оид ба омӯзиши ҷанбаҳои физикию – химиявӣ ва экологии ҳосил намудани биогаз дар асоси растаниҳои минтақаҳои осебпазирӣ корхонаи воҳиди давлатии «Ширкати алюминии тоҷик» пешниҳод гардидааст. Бо истифода аз методҳои таҳлили биохимиявӣ ва органикӣ муайян карда шудааст, ки партовҳои газӣ ва аэрозолии истеҳсолоти алюминий ба вазъи экологии растаниҳои минтақаҳои осебпазир таъсири манфии худро мерасонад. Гарчанде ин растаниҳо аз нигоҳи экологӣ ба организми инсон таъсир намерасонад, ҳангоми истифодаи тулонии (муддати 3-4 сол) ҳайвоноти хонаги ҳамчун ғизо, метавонад мубодилаи муътадили калсий ва фосфорро дар организми ин ҳайвонот вайрон намояд. Муайян карда шуд, ки яке аз роҳҳои безараргардонии ин растаниҳо, истифодашавии онҳо ҳамчун ашёи хоми ниҳой барои ҳосил намудани биогаз мебошад. Ин ҷанбаро ба инобат гирифта дар асоси ин растаниҳо технологияи муфиди истеҳсоли биогаз коркард карда шудааст. Ӳангоми омӯзиши ҷанбаҳои физикию – химиявӣ технологияи коркардгардида маълум гардид, ки дар баробари ҳосилшавии CH_4 ва H_2 инчунин газҳои H_2S , NH_3 ва CO_2 ҳосил мегардад, ки боиси кам гардидани ҳосияти энергиябарандагии биогази ҳосилкардашуда мегардад. Барои беҳгардонии сифати биогази ҳосилкардашуда он коркарди махсус карда мешавад. Дар ин коркард аз химосорбентҳо (маҳлулҳои $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CH_3COOH ва NaOH) истифода мегардад. Ӳангоми гузаронидани биогаз аз таркиби ин химосорбентҳо ҳиссаи ҳаҷми метан аз ҳисоби кохишбӣи ҳиссаи ҳаҷми CO_2 , NH_3 ва H_2S аз 56% то ба 94% баланд бардошта мешавад. Чунин коркарди технологи на танҳо гармии сӯзиши биогази ҳосилшударо зиёд менамояд, инчунин онро аз нигоҳи экологӣ низ баландсифат менамояд.

Калидвожаҳо: истеҳсолоти алюминий, партовҳои газӣ ва аэрозоли, экологияи минтақа, растаниҳо, безараргардонӣ, биогаз, ҷанбаҳои физикию – химиявӣ, сорбентҳо, химосорбсия, гармии сӯзиш.

ФИЗИКО – ХИМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА НА ОСНОВЕ РАСТЕНИЯ НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫБРОСОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ТАДЖИКСКАЯ АЛЮМИНИЕВАЯ КОМПАНИЯ»

В данной статье приведены результаты исследования физико–химических и биологических аспектов получения биогаза на основе растения произрастающих в регионе находящихся под влиянием газовых и аэрозольных выбросов Государственного унитарного предприятия «Таджикская алюминиевая компания». С применением органических и биохимических методов анализа определено, что газовые и аэрозольные отходы алюминиевого производства могут отрицательно влиять на экологическую обстановку флоры региона. Эти растения не имеют не какого влияния на жизнедеятельность человека проживающих в этих регионах. Если эти растения используются в качестве корма для домашних скотов в течении 3-4 лет, существует вероятность появления болезни нарушения обмена кальция и фосфора в их организме. Одним из способов утилизации подобных растений, это их использование в качестве исходного сырья для получения биогаза. Учитывая это разработан эффективный способ получения биогаза на их основе. При изучение физико–химических и экологических аспектов разработанной технологии определено, что в процессе образования биогаза наряду с CH_4 и H_2 также образуется CO_2 , NH_3 и H_2S которые отрицательно влияют на теплотворность полученного газа. Для улучшения качественного биогаза, полученный продукт перерабатывается с применением хемо-сорбентов (растворы $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CH_3COOH и NaOH). При пропускании биогаза через раствор хемо-сорбентов за счёт уменьшения концентрации CO_2 , NH_3 и H_2S объемная доля метана из 56% увеличивается до 94%. Такой технологический подход не только способствует увеличению теплоты сгорания полученного газа, также обуславливает улучшение его качества с экологической точки зрения.

Ключевые слова : алюминиевое производство, газовые и аэрозольные отходы, экология, растения, утилизация, биогаз, физико – химические аспекты, сорбенты, хемо-сорбция, теплота горения.

PHYSICO - CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCING BIOGAS ON THE BASIS OF PLANTS AFFECTED BY EMISSIONS OF A STATE UNITARY ENTERPRISE "TAJIK ALUMINUM COMPANY"

This article presents the results of a study of the physical, chemical and biological aspects of biogas production based on plants growing in the region under the influence of gas and aerosol emissions of the State Unitary Enterprise "Tajik Aluminum Company". With the use of organic and biochemical methods of analysis, it has been determined that gas and aerosol wastes of aluminum production can negatively affect the ecological situation of the flora of the region. These plants do not have any effect on the vital activity of humans living in these regions. If these plants are used as feed for livestock for 3-4 years, there is a possibility of the appearance of a disease of impaired calcium and phosphorus metabolism in their body. One of the ways to utilize such plants is to use them as a raw material for biogas production. Taking this into account, an effective method for producing biogas based on them has been developed. When studying the physicochemical and environmental aspects of the developed technology, it was determined that in the process of biogas formation, along with CH₄ and H₂, CO₂, NH₃ and H₂S are also formed, which negatively affect the calorific value of the resulting gas. To improve the quality of biogas, the resulting product is processed using chemo-sorbents (solutions of Ca(OH)₂, CH₃-COOH and NaOH. When passing biogas through a solution of chemo-sorbents due to a decrease in the concentration of CO₂, NH₃ and H₂S, the volume fraction of methane from 56% increases to 94%. This technological approach not only contributes to an increase in the heat of combustion of the produced gas, but also leads to an improvement in its quality from an environmental point of view.

Keywords: aluminum production, gas and aerosol waste, ecology, plants, utilization, biogas, physical and chemical aspects, sorbents, chemo-sorption, heat of combustion.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Иброгимов Дилшод Эмомович* – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ доктори илмҳои химия, и.в. профессори кафедраи коркарди энергиябарандаҳо ва хизматрасонии нафту газ. Суроға: 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо, 10. E-mail: ibrogimov_75@mail.ru. Тел.: (+992)905-22-44-75

Гулаҳмадов Ҳайдар Шарифович – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ. номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи бехатарии фаъолияти инсон ва экология. Суроға: 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо 10. E-mail: h.gulahmadov@mail.ru. Тел.: (+992) 918-70-20-81

Зайниддинов Тоҷиддин Насриддинов – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ. муаллими калони кафедраи сохтмони роҳ, иншоотҳо ва қомунатсияи нақлиётӣ. Суроға: 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо 10. E-mail: mr.majidov@mail.ru. Тел.: (+992) 552-05-00-31

Сведения об авторах: *Ибрагимов Дилшод Эмомович* – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, доктор химических наук, и.о. профессор кафедры переработка энергоносителей и нефтегазового сервиса. Адрес: 734042, Республика Таджикистан, г Душанбе, проспект акад. Раҷабовҳои, 10. E-mail: ibrogimov_75@mail.ru. Тел.: (+992)905-22-44-75

Гулаҳмадов Ҳайдар Шарифович – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасность жизнедеятельности и экологии. Адрес: 734042, Республика Таджикистан, г Душанбе, проспект акад. Раҷабовҳои, 10. E-mail: h.gulahmadov@mail.ru. Тел.: (+992) 918-70-20-81

Зайниддинов Тоҷиддин Насриддинович – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, старший преподаватель кафедры строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций. Адрес: 734042, Республика Таджикистан, г Душанбе, проспект акад. Раҷабовҳои, 10. E-mail: mr.majidov@mail.ru. Тел.: (+992) 552-05-00-31

Information about authors: *Ibragimov Dilshod Emomovich* – Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, Doctor of Chemical Sciences, Acting Professor of the Department of Energy Processing and Oil and Gas Service. Address: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Acad. 10 Radjabovs, E-mail: ibrogimov_75@mail.ru. Phone: (+992) 905-22-44-75

Gulakhmadov Haydar Sharifovich – Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety and Ecology. Address: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Acad. 10 Radjabovs. E-mail: h.gulahmadov@mail.ru. Phone: (+992) 918-70-20-81

Zainiddinov Togiddin Nasriddinovich – Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, senior lecturer of the department of construction of roads, structures and transport communications. Address: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Acad. Radjabovs 10. Phone: (+992) 552-05-00-31, E-mail: mr.majidov@mail.ru.

Юсуфзода А. Ҷ., Раҷабов С.И., Мусозода С.М.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Мубрамият. Дар асоси маълумотҳои адабиёти илмӣ аз рӯи таркиби химиявӣ намоёндоҳои чинси *Inula* хулоса баровардан мумкин аст, ки омӯзиши интиҳои онҳо нопурра мебошад. Қаблан диққати асосӣ ба омӯзиши лактонҳои сесквитерпенӣ, қисман алкалоидҳо, моддаҳои даббоғӣ ва карбогидратҳо дода мешуд. Мавҷудияти гуруҳҳои гуногуни пайвастаҳои табиӣ дар растаниҳои ин чинс (авлод) *Inulamacrophyllakar.etkir.* қаблан диққати зарурӣ дода намешуд. Бо назардошти ин, баҳоидиҳои фитохимиявии *Inulamacrophyllakar.etkir.* аз ҳисоби мавҷудияти чунин пайвастаҳо дар он манфиатовар мебошад.

Оид ба мавҷудияти лактонҳои сесквитерпенӣ дар реша ва бехрешаҳои растанӣ борҳо дар адабиёт маълумот оварда шудааст [1,2,3,4 с.22,31,21,41]. Маълум буд, ки дар узвҳои зеризаминии растанӣ лактонҳои сесквитерпенӣ мавҷуданд, ки аз онҳо ду пайвастаи ҷудо карда шуда, бо аланто- ва изоалантолактон ҳамонанд карда шудаанд. Аммо на миқдори умумии фраксияи лактонӣ ва на шумораи компонентҳои, ки ба таркиби он дохил карда шудаанд, муайян карда нашудаанд [5,6,7,8с.13, 73, 47, 79].

Мақсади таҳқиқот ин, коркарди методикаи ҷудокунӣ ва мукамалгардонии усулҳои ҷудокунии пайвастаҳои лактони *inula macrophylla L.* бо роҳҳои химиявӣ аз реша ва бехрешаҳои он (қисми зеризаминии *inula macrophylla L.*) мебошад.

Муҳокимаи таҳқиқот. Дар ҷараёни таҳлили пешакӣ узвҳои алоҳидаи *inula macrophylla L.* бо истифода аз реаксияҳои сифатӣ барои мавҷудияти алкалоидҳо, гликозидҳо, сапонинҳо, флавоноидҳо, ҳосилаҳои антрасен, моддаҳои даббоғӣ, кумаринҳо, лактонҳо, хромонҳо, нафтохинонҳо ва рағанҳои эфирӣ аз ҷониби мо назорат карда шуданд.

Бо ин мақсад тавассути омӯзиши усулҳои физикӣ-химиявӣ аз ҷумла, бо усули хроматографияи маҳинқабат мо бори аввал муқаррар кардем, ки маҷмӯи пайвастаҳои лактони *inula macrophylla L.* хеле мураккаб аст ва аз омехтаи на камтар аз 8 моддаи дорои $R_f = 0.98; 0.93; 0.79$ иборат аст, барои системаи В бошад $R_f = 0.72; 0.51; 0.43; 0.39; 0.05$ мебошад.

Дар муқоиса бо лактонҳои алаф, лактонҳои реша таркибашон хеле устувор мебошанд - онҳо вобаста ба маҳалли афзоиш ё марҳилаҳои рушд сифатан тағйир намеёбанд. Ин, зоҳиран, ба нақши физиологии онҳо ва хусусиятҳои биологии растанӣ вобаста буда, чунончи маълум аст бисёрсола аст ва чамъшавии лактонҳо дар муддати зиёд сурат мегирад. Мавҷудияти шумораи зиёди лактонҳоро муқаррар намуда, ҷудо ва омӯхтани ҷузъҳои асосии фраксияи лактонӣ дар ашё ва имконияти истифодабарии онҳо дар тиб манфиатовар ба ҳисоб меравад. Дар раванди кор мо барои ҷудо кардани лактонҳо аз усули тавсия намудаи Чехия истифода кардем, ки онро хангоми омӯзиши лактонҳои барг дар корҳоямон пештар истифода намуда, маълумот дода будем [9,10,11,12 с. 11, 23, 37, 19].

Дар мақола оид ба экстраксия ва ҷудокунии пайвастаҳои алоҳида (лактони)-и *inula macrophylla L.* бо роҳҳои химиявӣ аз реша ва бехрешаҳои он (қисми зеризаминии *inula macrophylla L.*), ки бо усули хроматографияи адсорбсионӣ 6 пайвастаҳои алоҳида ба монанди игалан, игалин, игалол, грандол, гринин ва лактони ҷудо кардем, ки дар бораашон дар адабиёт то ҳол маълумоти мукамал оварда нашудааст, иттилоот медиҳем.

Барои иҷрои ин кор мо аз доманакӯҳҳои н. Файзобод 12,8 кг реша ва решачаҳои хушк ва майда кардашудаи *inula macrophylla L.*-ро, ки моҳи октябри соли 2018 чамъоварӣ карда шуда буданд, дар давоми як шабонарӯз 6,4 кг бо 5 литр эфири

нафтӣ (петролейин) (ҳар. чӯш 70-100 °С) ва 6,4 кг бо 30 литр оби муқаттар дамба намудем. Ҷудошудаи дар кунҷораи (шрот) боқимонда мавҷуд буда, бо ҳамин тарз 3 маротиба боз коркард карда шуд. Ҳамин тариқ аз решаҳои *inula macrophylla* L. бо усули хроматографияи адсорбсионӣ шаш пайвастаи нави терпеноид ҷудо карда шуд, аз ҷумла лактонҳои сесквитерпеноидӣ - игалан $C_{15}H_{20}O$ 2. Ҳар. гуд.= 78-79.5 °С, игалин $C_{15}H_{20}O_3$. Ҳар. гуд.= 134-135 °С, грандин $C_{30}H_{44}O_5$ Ҳар.гуд.= 370° С лактон №8, инчунин, ду сесквитерпендиолҳои навошкор карда шуд, игалол $C_{15}H_{26}O_2$ Ҳар.гуд.= 102° С ва грандол $C_{15}H_{28}O_5$ Ҳар.гуд.= 320° С баробар мебошад.

Собитҳои муҳими физикӣ-химиявӣ натиҷаҳои бадастовардашуда дар ҷадвали 1 нишон дода шудааст.

Ҷадвали 1. Собитҳои физикӣ-химиявӣ муҳими пайвастаҳои ҷудокардашуда

Таблица 1. Важнейшие физико-химические константы выделение соединения

Table 1. The major physicochemical constants discharge connection

Таркиби элюат	Ҳаҷми фраксия,мл	Фраксияҳо	Ҳ.гуд. °С	R _f		
					Б	
Эфири петролейин	300	1-6	78-79.5	0.9	0.84	.76
Эфири петролейин	300	7-9	134-135	0.9	0.84	.00
+2% бензол	300		370	0.76	0.00	0.00
Эфири петролейин	+ 20% бензол	200	102			
Бензол	+ 1-5%		320	0.68	0.58	0.00
Метанол	500	13-21		0.31	0.25	0.00
Метанол	50	22-34		0.25	0.05	0.00

Тозагии пайвастаҳои ҷудокардашуда бо усули хроматографияи маҳинкабат санҷида шуданд (дар системаҳои А-В), ки дар қисмати таҷрибавӣ мақола маълумоти пурра дода шудааст (ниг. ба ҷадвали 1).

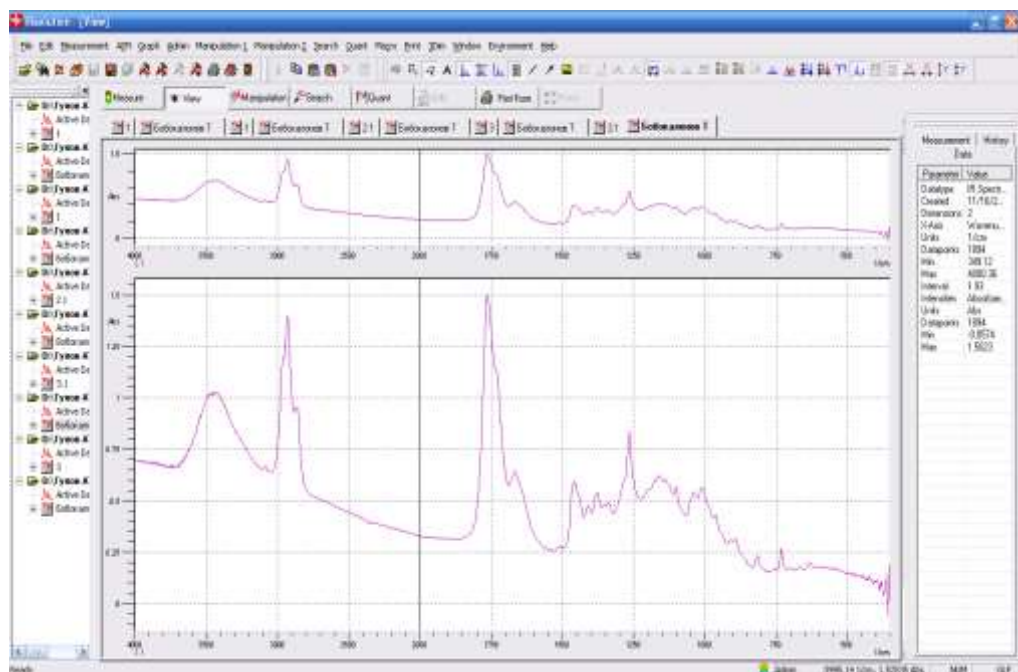
Барои тасдиқи таркиб ва сохти пайвастаҳои ҷудокардашуда аз таркиби реша ва беҳрешаҳои *inula macrophylla* L. (аз қисми зеризаминии *inula macrophylla* L.) спектрҳои (ИС)-, Масс-, ва маълумоти таҳлили элементӣ гирифта шуданд.

Таҳқиқоти спектри инфрасурх омили ҷудокунии пайвастаҳоро тасдиқ мекунад, ки бо пайдо шудани рахҳо шидатноки фурубарӣ дар спектрҳои ҳамаи пайвастаҳо рахҳои васеи фурубарӣ дар соҳаҳои 3250-3400 см⁻¹, ки ба лапишҳои валенти ОН-гурӯҳ дохил мешаванд ошкор гаштанд. Дар соҳаҳои 1200-1250 см⁻¹ лапишҳои валентии СН гурӯҳ ва дар 1700-1750 см⁻¹ лапишҳои валентии С=О гурӯҳ мушоҳида карда шуд (расми 1).

Расми 1. Спектри ИСлактони *Inula macrophylla* L.

Рисунок 1. ИК-спектр лактона *Inula macrophylla* L.

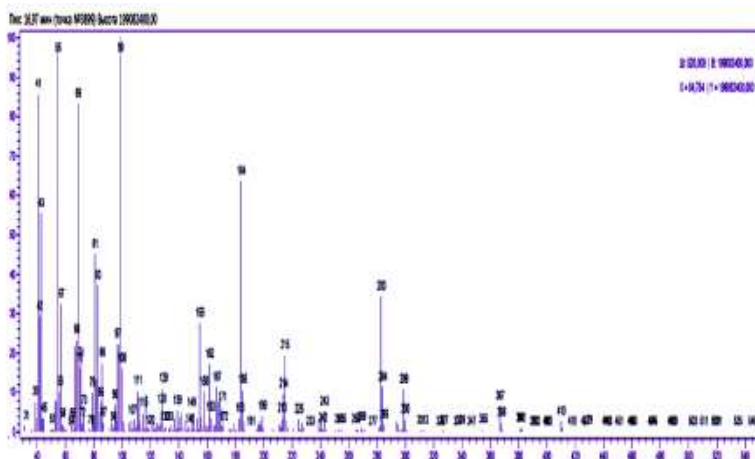
Picture 1. IR spectrum of lactone *Inula macrophylla* L.



Спектри масавии пайвастаҳои чудокардашуда аз таркиби реша ва бехрешаҳои *inula macrophylla* L. (лактонии *inula macrophylla* L.) нишондод, ки таҷзияи он дар зери зарбаи электрон гузашта, ба таҷзияи дигар лактони растани он монанд мебошад. Лекин дар ин ҳолат дар натиҷаи таҷзияи иони-молекулавӣ катиони бензил m/z 91 (28%) ҳосил мешавад. Массай молекулавии лактони *inula macrophylla* L. аз рӯи фрагментатсияи (ба қисмҳо чудо кардан)-и ин модда муайян карда шуд. Дар натиҷаи боз таҷзия шудани ионии молекулавӣ иони m/z 137 (16.3%) ҳосил мешавад. Мавҷудияти гидроксигурӯхро ҳосилшавии иони m/z 128 (79%) тасдиқ менамояд. Мавҷудияти боқимондаи лактони ро пайдошавии иони m/z 98 (100%) тасдиқ менамояд. Дар ҳама ҳолатҳои ба қисмҳо чудошавии пайвастаҳо мо таҷзияи ионҳои $\text{HO}=\text{CH}-\text{CH}_2$ ва ҳосилшавии лактони *inula macrophylla* L. ро муайян кардем.

Ҳамин тариқ мавҷудияти ионҳои пареофканиш (таҷзия) бо m/z 201 ва 158 таркиби ин моддаро тасдиқ мекунанд. Ҳангоми таҳлили масс-спектри лактони *inula macrophylla* L. ба ғайр аз массай асосӣ ба миқдори камее массай иловагӣ M^+ 290.8 m/z = (100 %), m/z = 288.8 (93.79 %), m/z = 269.8 (9.77 %), m/z = 271.8 (10.18 %) ва m/z = 272.8 (3.16 %) ошкор карда шуданд (расми 2).

Расми 2. Масс-спектри лактони *Inula macrophylla* L.
Рисунок 2. Масс-спектр лактона *Inula macrophylla* L.
Picture 2. Mass - spectrum of lactone *Inula macrophylla* L.



Қисми тачрибавӣ. 12,8 кг реша ва бехрешаҳои хушк ва майда кардашудаи *inula macrophylla* L.-ро дар давоми як шабонарӯз 6,4 кг бо 5 литр эфири нафтӣ(петролейин) (ҳар.ҷӯш 70-100 °С) ва 6,4 кг бо 30 литр оби муқаттардамоба намудем. Чудошудаи дар кунҷораи (шрот) боқимонда мавҷуд буда, бо ҳамин тарз 3 маротиба боз коркард карда шуд.

Сипас экстрактро якҷоя намуда, дар вакуум таҳти ҳарорати 35-40°С то хориҷ шудани ҳалқунанда бугронӣ кардем, 460 г (7.19%) аз экстракти ғализи рангаш зарди тира, бо бӯи хос, ки дар он ҳамаи лактонҳои дар ашёи хом ёфтшуда мавҷуданд 200 г экстрактро бо 1,2 г эфири петролейин ҳамроҳ намуда, ҳосилшударо бо 1,5 литр маҳлули 60% -и атсетони обӣ, баъд бо 1,5 литр этаноли 90% пай дар пай тақсон додем. Дар натиҷа экстраксияи моеъ-моеъгии, лактонҳо пурра ба фраксияи спирт гузашта, аз рағани эфирий ва пигментҳои ҳамроҳикунада озод карда шуданд.

Чудошудаи спиртий дар вакуум то як миқдори кам ғализ карда шуда (меъёри спирт) ва лактонҳои боқимондаро тавассути 300 мл хлороформ чудо намудем. Ҳалқунандаи хлороформро бугронӣ намуда, дар натиҷа 130,2 (4.67%) фраксияи лактонӣ дар шакли массаи рағанмонанди зарди чилодор, ки аз омехтаи 7 лактон иборат аст, ба даст овардем. Ҳангоми ғализкунии фраксияи эфири петролейин, 46,95 г (1.69%) бақияи зифтӣ ба даст оварда шуд, ки дорои рағани эфирий, карбогидратҳо ва миқдори ками лактонҳо мебошанд. Дар фраксияи атсетон изҳои лактонҳо низ қайд карда шуданд (аз сабаби он, ки баромади онҳо кам буд ва ба инобат гирифта нашуданд). Файр аз ин чудокунии лактонҳо тавассути хроматографияи калонкагию адсорбсионӣ гузаронида шуд. Ҳамчун адсорбент оксиди алюминии нейтралӣ истифода намудем, моддаҳо бо усули элюатно-дискретӣ эфири петролейин ва омехтаи он бо бензол (2-20%) бензол дар омехта, бо метанол (I - 5%) шуста шуданд. Бо ин мақсад 130 г фраксияи лактон иборат аз моддаҳои дорои $R_f = 0.9, 0.84, 0.76, 0.68, 0.58, 0.52, 0.25$ буда дар колонкаи диаметраш 8 ва баландиаш 20 см бо адсорбент пур карда шуда ба даст оварда шуд. Таркиби сифатии элюат тавассути хроматография маҳинқабат (системаи Б) назорат карда шуд. Дар ин ҳолат, мо чунин натиҷаҳоро ба даст овардем, ки дар ҷадвали 1 нишон дода шудааст.

Ҳангоми ғализкунии фраксияи 1-6 84,64 г (3.04 %) таҳшини кристаллӣ чудо гардид, ки онро баркашида, аз нав бо метаноли 50 % кристаллизатсия кардем. Кристаллҳои сӯзанмонанди беранг дорои ҳар. гуд. = 78-79.5 °С буда, бо $R_f = 0.93$ (системаи А) ва 0.84 (системаи В) дар ХМҚ, ранги дурахшон бо кислотаи сулфованиллинӣ ба даст оварда шуд. Аммо ҳаминро бояд қайд намуд, ки ин модда бо лактонҳо ба реаксия меравад, аз ҷониби мо игалан номгузорӣ гардид. Фраксияҳои 13-21 якҷоя карда шуда, ҳангоми бугронӣ таҳшини кристаллӣ чудошуда, сипас 0,06 г моддаи хока (кристаллӣ) гирифта шуда, дорои ҳарорати 250 °С буда, мувофиқи маълумоти ХМҚ омехтаи 2 модда бо $R_f = 0.72$ ва $R_f = 0.51$ (системаи А) ва $R_f = 0.58$; $R_f = 0.25$ (системаи Б), мутаносибан ба ранги сурху-хишти ва чигарӣ дошта ба даст оварда шуд. Барои чудо кардани омехтаи онҳо аз метаноли 30%-и обии гарм дубора кристаллизатсия карда шуда истифода бурдем. Моддаи беранги кристаллӣ бо ҳарорати гудозишаш 134-135°С (270°С вайроншавӣ), ки игалин номгузорӣ гардид, чудо гардид. Филтрат баъдаз чудокунии игалин се маротиба ҳаҷми об зиёд карда шуд. Дар ин ҳолат, як модда бо $R_f = 0.25$ ҳарорати гудозишаш 102-102.5 °С чудо карда шуд, ки мо онро игалол номгузорӣ намудем. Фраксияҳои 22-34 дар вакуум то хушкшавӣ ғализ карда шуданд. Боқимондаро бо бензоли мутлақ шустем. Боқимондаи ҳалнашаванда дар этаноли гарм ҳалқунонида шуда, маҳлулро то ҳаҷми начандон зиёд ғализ ва хунук намудем, сипас бо баромади 0.25 г моддаи кристаллӣ, ки дорои $R_f = 0.05$ (системаи В - ранги бунафш) чудо карда шуда, грандол номгузорӣ гардид. Моддаҳои дар маҳлул буда, пас аз чудо кардани пайвастаҳо аз фраксияҳои 13-34 якҷоя ва бухор карда шуданд. Боқимондаи ҳосилшуда дар як моддаи асосӣ бо $R_f = 0.00$ мавҷуд буд. Барои чудо кардани он боқимонда бо метанол шуста шуд, ки дар метанол ҳалнашаванда буда, сипас дар миқдори ками бензоли гарм, ки ба он этанол

1:1 илова карда шуд (то тирашавии маҳлул) ҳал гардид. Сипас таҳшони ҳосилшуда филтр карда шуда, бо метанол шуста шуд. Моддаи ҳосилшуда бо $R_f=0.94$ (дар қоғаз ва дар қолаби BUV) ва 0,00 (дар ХМҚ, системаи В доғи бунафш) бо ҳарорати гудозиши $> 370^\circ\text{C}$ (вайроншавӣ), ки ба пайвастаи грандинҳамшабеҳ буда, ҳосил гардид (62). ^

Мо дар рафти таҷриба боз мушоҳида кардем, ки дар (полоиши) филтроти ҷудонамудаи игалан боз як моддаи дигар ба $R_f= 0.9$ наздик (ранги тамашку-бунафш) мавҷуд аст. Барои ҷудокунии он (полоиши) филтроти муайяншуда бо метаноли 50 % об омехта карда, игалани озодшуда ҷудо карда шуд ва филтр дар вакуум хушк карда шуд. Боқимонда маротибаи дуюмдар колонкаи бо оксиди алюминии нейтралӣ хроматография карда шуда, сипас бо 80 % метанол шуста шуд. Элюатродар вакуум ғализ гардонид, лактон бо эфири нафтӣ (петролейин)тавассути дастгоҳи роторӣ бугронӣ карда шуд. Ҳалқунанда бугронӣ карда шуда, бақияи он маротибаи дуюм дар колонкаи бо эфири нафтӣ (петролейин) шуста шуда, сипас хроматография намудем.

Ҳангоми ғализкунонии элюат моддаи зардчаранг ва шарбатмонанд, ҳосил гардид, ки он ҳангоми хроматография намудан танҳо (як доғ) як қимат $R_f= 0.9$ нишон дод. Кӯшишҳои кристалл кардани ин модда бенатиҷа анҷом ёфт. Ин модда, ки ҳосияти лактонӣ дорад, ба таври шартӣ ҳамчун лактони № 8 таъин карда шуд.

Хулоса. Ҳамин тарик, бо усули хроматографияи адсорбсионӣ ва ХБЭ мо аз реша ва беҳрешаҳои *inula macrophylla* L. 6 пайвастаҳои нави терпеноид: игалан $\text{C}_{15}\text{H}_{20}\text{O}$ 2. Ҳар. гуд.= $78-79.5^\circ\text{C}$, игалин $\text{C}_{15}\text{H}_{20}\text{O}_3$. Ҳар. гуд.= $134-135^\circ\text{C}$, игалол $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}_2$ Ҳар. гуд.= 102°C , грандол $\text{C}_{15}\text{H}_{28}\text{O}_5$ Ҳар. гуд.= 320°C , грандин $\text{C}_{30}\text{H}_{44}\text{O}_5$ Ҳар. гуд.= 370°C ва лактонҷудо намудем, ки дар бораашон дар адабиёт маълумот оварда нашудааст. Дар асоси ҳосиятҳои физикӣ-химиявӣ (спектрҳои ИС-, Масс-, ХМҚ ва ХБЭ) таркиб ва сохти игалан ва игалол муқаррар карда шуд. Нишон дода шуд, ки игалан сохти элеман-8,11-олид ва игалол - элем-8,12-диол дорад. Инчунин шароити оптималии ҷудокунии ошкор гардида, адсорбентҳо, системаҳои хроматографӣ, реактивҳо барои рушд ва кристаллизатсияи моддаҳо, пешниҳод ва тавсия дода мешаванд.

АДАБИЁТ

1. Бабаскин, Д. В. Флавоноидный состав нового лекарственного растительного средства для электрофореза в реабилитации больных остеоартрозом/ Д.В. Бабаскин, Л.И. Бабаскина., Т.В. Журавлева // В мире научных открытий. - 2017. - Т 9. - № 2-2.
2. Багирова, В. Л. Мази. Современный взгляд на лекарственную форму/ В.Л. Багирова, Н. Б. Демина, Н. А. Кулинченко // Фармация. - 2002. - № 2. - С. 24-26.
3. Башкатов, С.А. Биологическая активность водных экстрактов цветков ромашки, малины, корневищ солодки и их сочетания / С.А. Башкатов, Е.И. Новоселова, Р.Г. Фархутдинов // Вестник Башкирского университета. Т. 19 - № 4. - С. 34-36.
4. Дурнова, Н.А. Фармакогностический анализ ЛРС/ Н.А. Дурнова, Н.В. Полуконова, Ю.В. Романтеева// Саратов: ИЦ «Наука», 2013 - 79с.
5. Жилина, И. В. Разработка состава и технология геля с экстрактом из цветков лабазника вязолистного для использования в качестве дерматопротектора/ И.В. Жилина, Э.Ф. Степанова, Г.А. Голова// Фундаментальные исследования. - 2011. - Т. 2. - № 9.
6. Зацепина, Е. Е. Адаптивное и ремоделирующее действие масляного экстракта ромашки в эксперименте/ Е.Е. Зацепина, М.Н., Ивашев, А.В., Сергиенко, Т. А. Лысенко, Т.Н. Щербакова// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2013. № 1.
7. Каухова, И. Е. Химия и технология фитопрепаратов / И.Е. Каухова, С.А. Минина // Гэотар-медицина»-М. - 2004. - 560с.
8. Саргин, Б. В. Способ получения экстрактов из растительного сырья водно-жировой экстракцией натуральными экстрагентами/ Б.В. Саргин, Г. В. Бобков, С. А. Павлов // RU 2491947 С2- 2013.
9. Юсуфзода, А.Дж. Ботанико-фармакогностическая характеристика и фитохимическое исследование девясила крупнолистного, произрастающего в Таджикистане/ Юсуфзода А.Дж., Бобоёрзода К.Р., Мусозода С.М.// Сборник научных работ «Современные достижения фармацевтической технологии и биотехнологии», выпуск 4, Харьков 2018.
10. Юсуфзода, А. Дж. Фармакогностическая характеристика сырья девясила крупнолистного произрастающего в Таджикистане. /А. Дж. Юсуфзода, М. Х., Рахимова, К. Р.

Бобоёрзода // Сборник материалов XXVII российского национального конгресса «человек и лекарство». Москва 2020.

11. Юсуфзода А. Дж. Разработка технологии экстракции карбарона из состава *Inulamacrophylla* L./А. Дж. Юсуфзода, С.И. Раджабов, С.М. Мусозода// Наука и инновация 2020. №3.
12. Юсуфзода, А. Дж. Экстракция, химические исследование состава рода *Inula macrophylla* L. (*inula*). /А. Дж. Юсуфзода, С.И. Раджабов, С.М. Мусозода // Сборник статей республиканской научно - теоретической конференции на тему «основы развития и перспективы химической науки в Республике Таджикистан», посвященной 60-летию химического факультета и памяти д.х.н., профессора, Академика АН РТ Нуманова Ишанкула Усмановича (12-14 сентября 2020 г).

REFERENCES LITERATURE

1. Babaskin, D.V. Flavonoid composition of a new herbal medicinal product for electrophoresis in the rehabilitation of patients with osteoarthritis / DV. Babaskin, L.I. Babaskina., T.V. Zhuravleva // In the world of scientific discoveries. - 2017. - Т 9. - No. 2-2.
2. Bagirova, V. L. Mazi. Modern view of the dosage form / V.L. Bagirova, N. B. Demina, N. A. Kulinchenko // Pharmacy. - 2002. - No. 2. - S. 24-26.
3. Bashkatov, S.A. Biological activity of water extracts of chamomile flowers, raspberries, licorice rhizomes and their combinations / S.A. Bashkatov, E.I. Novoselova, R.G. Farkhutdinov // Bulletin of the Bashkir University. - Т. 19 - No. 4.
4. Durnova, N.A. Pharmacognostic analysis of medicinal product / N.A. Durnova, N.V. Polukonova, Yu.V. Romanteeva // Saratov: IC "Science", 2013 - 79p.
5. Zhilina, I. V. Development of the composition and technology of the gel with the extract from meadowsweet flowers for use as a dermatoprotector / I.V. Zhilina, E.F. Stepanova, G.A. Head // Fundamental Research. - 2011. - Т. 2. - No. 9.
6. Zatssepina, E.E. Adaptive and remodeling effect of chamomile oil extract in experiment / E.E. Zatssepina, M.N., Ivashev, A.V., Sergienko, T.A. Lysenko, T.N. Shcherbakova // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2013. No. 1.
7. Kaukhova, I.E. Chemistry and technology of phytopreparations / I.E. Kaukhova, S.A. Minina // Geotarmedicine "-M. - 2004. - 560s.
8. Sargin, BV Method of obtaining extracts from plant materials by water-fat extraction with natural extractants / BV. Sargin, G.V. Bobkov, S. A. Pavlov // RU 2491947 C. 2- 2013.
9. Yusufzoda, A.J. Botanical and pharmacognostic characteristics and phytochemical study of large-leaved elecampane growing in Tajikistan. / Yusufzoda, A.J. Boboerzoda K.R., Musozoda S.M. // Collection of scientific works "Modern achievements of pharmaceutical technology and biotechnology", issue 4, Kharkov 2018.
10. Yusufzoda, A. J. Pharmacognostic characteristics of large-leaved elecampane raw materials growing in Tajikistan. / AND. J. Yusufzoda, M. Kh., Rakhimova, KR Boboerzoda // Collection of materials of the XXVII Russian National Congress "Man and Medicine". Moscow 2020.
11. Yusufzoda, A.J. Development of technology for extraction of carborane from the composition of *inulamacrophylla* L / A.J. Yusufzoda, S.I. Rajabov, S.M. Musozoda // Science and Innovation 2020. №3.
12. Yusufzoda, A. J. Extraction, chemical study of the composition of the genus *Inulamacrophylla* L. (*inula*). / A.J. Yusufzoda, S.I. Rajabov, S.M. Musozoda // Collection of articles of the republican scientific - theoretical conference on the topic "foundations of development and prospects of chemical science in the Republic of Tajikistan", dedicated to the 60th anniversary of the Faculty of Chemistry and the memory of Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan Ishankul Usmanovich Numanov (September 12-14, 2020 d)

ТАҲҚИҚИ ФИЗИКИЮ ХИМИЯВИИ ЛАКТОНҲОИ ҚИСМИ ЗЕРИЗАМИНИИ INULAMACROPHYLLAL.

Inula macrophylla L. бештар дар тибби халки ба таври васеъ мавриди истифода қарор дорад. Муҳаққиқони хориҷии соҳаи фарматсевтӣ аз ин растанӣ алантолактон, изоалантолактон, дигидро ҳосилаҳои онҳо, инчунин, 3 лактонинав – неоалантолактон, инунолид, спироинулид ҷудо кардаанд, ки дар бораи хосиятҳои физикӣ-химиявӣ биологии онҳо иттилоот додаанд. Аммо то ҳол аз ҷониби муҳаққиқоти ватанӣ оид ба омӯзиши хосиятҳои физикӣю химиявии реша ва беҳрешаҳои ин намуди растанӣ корҳои илмӣ-таҳқиқотӣ ба таври мукамал омӯхта нашудааст ва дар адабиёт маълумот кам гирд оварда шудааст. Бинобар ин, мо мақсад гузоштем, ки оид ба омӯзиши хосиятҳои физикӣ-химиявӣ биологии растани *Inulamacrophylla* L. корҳои илмӣ-таҳқиқотиро дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ба роҳ монем. Ҳамин тариқ, бо усули хроматографияи адсорбсионӣ ва ХБЭ мо аз реша ва беҳрешаҳои ҷокла 6 пайвастаҳои навтерпеноид: игалан $C_{15}H_{20}O_2$. Ҳар. гуд.= 78-79.5 °С, игалин $C_{15}H_{20}O_3$. Ҳар. гуд.= 134-135 °С, игалол $C_{15}H_{26}O_2$ Ҳар.гуд.= 102° С, грандол $C_{15}H_{28}O_5$ Ҳар.гуд.= 320° С, грандин $C_{30}H_{40}O_5$ Ҳар.гуд.= 370° С ва лактон ҷудо кардем, ки дар бораашон дар адабиёт маълумот оварда нашудааст. Дар асоси хосиятҳои физикӣ-химиявӣ (спектрҳои ИС-, Масс-, ХМҚ ва ХБЭ) таркиб ва сохти игалан ва игалол муқаррар карда шуд. Инчунин, шароити оптималии ҷудокунии

ошкор гардида, адсорбентҳо, системаҳои хроматографӣ, реактивҳо барои рушд ва кристаллизатсияи моддаҳо, пешниҳод карда шудааст.

Калидвожаҳо: *Inulamacrophylla*L., ҳалқунанда, игалан, игалин, игалол, грандол, грандин, хроматография, спектри инфрасурх, спектри массавӣ.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАКТОНОВ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ INULAMACROPHYLLAL

Растения принадлежащие роду *Inula* широко применяются как в народной, так и в официальной медицине. Зарубежными исследователями из этих растений выделены алантолактон, изоалантолактон, их дигидропроизводные, а также 3 новых вещества – неоалантолактон, инунолид, спироинулид и опубликованы работы, посвященные их физико – химическим и биологическим свойствам. Однако в литературе мало встречаются работы, посвященные исследованию растений принадлежащих роду *Inula*, произрастающих в Таджикистане. Исходя из этого нами была поставлена задача исследовать физико – химические и биологические свойства *Inulamacrophylla*L., произрастающего в Таджикистане. Адсорбционной хроматографией и ВЭЖХ из подземных частей указанного растения выделены шесть новых соединений, терпеноидной природы- игалан - $C_{15}H_{20}O_2$ ($t_{пл.}$ 78 – 79,5°C), игалин - $C_{15}H_{20}O_3$ ($t_{пл.}$ 134 – 135°C), игалол - $C_{15}H_{26}O_2$ ($t_{пл.}$ 102°C), грандол - $C_{15}H_{28}O_5$ ($t_{пл.}$ 320°C), грандин - $C_{30}H_{44}O_5$ ($t_{пл.}$ 370°C) и лактон, сведения о которых в литературе не встречается. На основе результатов физико – химических исследований (ИК, Масс-масс-спектрометрия, ТСХ, ВЭЖХ) установлены состав и строение игалана и игалола. Также установлены оптимальные условия выделения, адсорбенты, хроматографические системы, реактивы для кристаллизации.

Ключевые слова: *Inula*, растворитель, игалан, игалин, игалол, грандол, грандин, хроматография, ИК – спектр, Масс – спектр.

PHYSICO-CHEMICAL STUDY OF LACTONES IN THE UNDERGROUND PART OF INULA MACROPHYLLAL

Plants belonging to the genus *Inula* are widely used in both folk and official medicine. Foreign researchers have isolated alantolactone, isoalantolactone, their dihydrogen derivatives, as well as 3 new substances-neoalantolactone, inunolide, spiroinulide, and published works on their physico-chemical and biological properties. However, in the literature there are few works devoted to the study of plants belonging to the genus *Inula*, growing in Tajikistan. Based on this, we set the task to investigate the physico-chemical and biological properties of *Inula macrophylla* L., which grows in Tajikistan. By adsorption chromatography and HPLC, six new terpenoid compounds were isolated from the underground parts of this plant: igalan - $C_{15}H_{20}O_2$ ($t_{pl.}$ 78 - 79.5°C), igalin - $C_{15}H_{20}O_3$ ($t_{pl.}$ 134 - 135°C), igalol - $C_{15}H_{26}O_2$ ($t_{pl.}$ 102°C), grandol - $C_{15}H_{28}O_5$ ($t_{pl.}$ 320°C), grandin - $C_{30}H_{44}O_5$ ($t_{pl.}$ 370°C) and lactone, information about which is not found in the literature. Based on the results of physical and chemical studies (IR, Mass – mass spectrometry, TLC, HPLC), the composition and structure of igalan and igalol were established. Optimal isolation conditions, adsorbents, chromatographic systems, and reagents for crystallization are also established.

Keywords: *Inula*, solvent, igalan, igalin, igalol, grandol, grandin, chromatography, IR spectrum, Mass spectrum.

Маълумот оид ба муаллифони: *Юсуфзода Аҳлиддин Чаъфаридин* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, муаллими калони кафедраи химияи фарматсевтӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** ahliddin2491@mail.ru. **Тел.:** 93 744 71 77

Раҷабов Сиродҷиддин Икромович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои химия, профессори кафедраи химияи органикӣ, директори Институти илмию таҳқиқоти ДМТ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** ikromovich80@mail.ru. **Тел.:** 904-60-04-60

Мусозода Сафол Мираҳмад – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои фарматсевтӣ, профессори кафедраи технологияи фарматсевтӣ ва фармакология, декани факултети фарматсевтӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** musoev_safol@mail.ru. **Тел.:** 901 07 99 90

Сведения об авторах: *Юсуфзода Аҳлиддин Джаъфаридин* – Таджикский национальный университет, старший преподаватель кафедры фармацевтической химии. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** ahliddin2491@mail.ru. **Тел.:** 93 744 71 77

Раджабов Сиродҷиддин Икромович – Таджикский национальный университет, доктор химических наук, профессор кафедры органической химии, Директор научно-исследовательского института. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** ikromovich80@mail.ru. **Тел.:** 904-60-04-60

Мусозода Сафол Мираҳмад – Таджикский национальный университет, доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармацевтической технологии и фармакологии, декан фармацевтического факультета. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17. **E-mail:** musoev_safol@mail.ru. **Тел.:** 901 07 99 90

Information about the authors: *Ysufzoda Ahliddin Jafaridin* – Tajik National University, senior assistant of the Department of Pharmaceutical Chemistry. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Ave., 17. **E-mail:** ahliddin2491 @ mail.ru. **Phone:** 93 744 71 77

Rajabov Sirojiddin Ikromovich – Tajik National University, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Organic Chemistry Department. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **E-mail:** ikromovich80 @ mail.ru. **Phone:** 904-60-04-60

Musozoda Safol Mirahmad – Tajik National University, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of the Department of Pharmaceutical Technology and Biotechnology, Dekan of the Faculty of Pharmacy. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Ave., 17. **E-mail:** musoev_safol@mail.ru. **Phone:** 901 07 99 90

Содатдинова А.С., Абдурахмонов Б.Ф.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Имидазол ва ҳосилаҳои он ба қатори пайвастагиҳои сулфурдор дохил шуда, дар соҳаи саноати фарматсия ва тибб васеъ истифода мешаванд[1]. Ворид намудани гурӯҳҳои функционалӣ ба ҳалқаи имидазол қобилияти ба реаксияи комплексосилкунӣ дохилшавии онҳоро зиёд мекунад[2]. Дар қорҳои [3-5] раванди комплексосилкунии металлҳои интиқоли ба баъзе аз ҳосилаҳои имидазол омӯхта шудааст. Муаллифони қори [3,4] муайян карданд, ки мис(II) бо 1-метил-2-меркаптоимидазолдар муҳитҳои 6-7 мол/л HCl зинагӣ ба реаксия дохил мешавад. Бо зиёдшавии ҳарорат устувории комплексҳо кам мешавад. Дар қори [5] комплексосилкунии қолбат ва мис бо имидазол ва 2-метилимидазол омӯхта шуда бо усулҳои гуногуни физико-химиявӣ сохт ва структураи пайвастиҳои комплекси ҳосилшуда муайян гардидааст. Қори [6] ба комплексосилкунии Ag(I) бо имидазолин-2-тион (этилентиомочевина) бахшида шудааст. Дар қори мазкур муаллифон комплексосилкуниро дар ҳароратҳои гуногун ва қувваи ионии ҳарҳела омӯхта шумораи зарраҳо, собатаҳои устуворӣ ва функсияҳои термодинамикро муайян намудаанд. Иҷбот шудааст, ки ҳосилшавии пайвастиҳои комплексӣ дар маҳлул бо ҳориҷшавии гармӣ мегузаранд

Дар қорҳои [7-9] термодинамикаи ҳосилшавии комплексҳои Ag(I) бо 2,2-дипиридил дар омехтаи H₂O-DMCO омӯхта шудааст. Муаллифони қор аз рӯи натиҷаҳои тадқиқоти қолориметрӣ энталпияи реаксияи ҳосилшавии комплексҳои намуди [AgDipy]₂ ва [AgDipy]₂ дар маҳлули обӣ-диметилсулфоксид ҳисоб намудаанд. Дар қори мазкур бо истифода аз назарияи солвататсияшавии реагентҳо зиёдшавии устувории комплексҳои [AgDipy] ва [AgDipy]₂ дар омехтаи H₂O-DMCO шарҳ дода шудааст. Бо ҳамин монанд дар қори [8] комплексосилкунии нукра бо 2,2-дипиридил дар омехтаи метанол – диметилформаид бо усули қолориметрӣ омӯхта шудааст. Дар қори [9] муайян шудааст, ки ҳориҷшавии гармӣ ҳангоми комплексосилкунии нукра бо 2,2-дипиридил бо зиёдшавии консентратсияи диметилформаид дар маҳлули метанол-DMFA кам мешавад. Дар қори [10] таркиб, сохти мономер, димер ва полимеркомплексҳои мис(II) бо бензимидазол дар муҳити этанол оварда шудааст. Муаллифони қори [11] комплексосилкунии имидазол, 2-метилимидазол, бензимидазол ва пиразолро бо металлҳо (қобалт, мис, палладий ва платина) омӯхта, қобилияти донории лигандҳоро баҳо доданд. Пайвастиҳои комплекси рений (V) бо имидазол ва 2-меркаптоимидазол вобаста аз таносуби моддаҳои ба реаксия дохилшаванда дар қори [12] омӯхта шудаанд. Муқарар гардидааст, ки имидазол бо рений ба воситаи атоми сулфур координатсия мешавад. Муаллифони қори [13] комплексосилкунии нитрати нукраро бо имидазол, 3-аминопиридин, никатинаид, 5-бром-2-аминопиридин дар маҳлули обӣ-этанолӣ омӯхтаанд. Бо истифода аз усули потенциометрӣ қонстантаи устувории комплексҳо муайян карда шудааст. Барои имидазол, 3-аминопиридин ва никатинаид ҳангоми баланд бардоштани консентратсияи спирт дар маҳлул собатаҳои умумии устуворӣ зиёд мешаванд.

Дар қори [14] комплексосилкунии имидазол, 1-этилимидазол, винилимидазол ва этиленбензаимидазол бо ҳлориди никел мавриди омӯзиш қарор гирафтааст. Муайян гардидааст, ки вобаста аз таносуби пайвастаҳои ба реаксия дохилшаванда комплексҳои таркибашон гуногун ҳосил мешаванд. Дар атсетон имидазол ва ҳосилаҳои он бо Ni(II) комплексҳои таркиби NiCl₂·L-ро ҳосил мекунад. Дар асоси резонанси магнитии ядрӣ (РМЯ) ва спектроскопияи инфрасурх муайян карда шудааст, ки банди байни металл ва лиганд дар комплексҳо аз ҳисоби чуфти электронҳои тақсимнашудаи атоми нитроген ва орбитали холии металл ҳосил

мегардад. Дар кори [15] омӯзиши комплексҳосилкунии 1-венилимидазол ва 1-винил бензидазол бо хлориди Mn(II), Fe(III), Co(II), Cu(II) ва Cu (I) мавриди таҳқиқ қарор гирифтааст. Муқаррар карда шудааст, ки ҳангоми таъсири мутақобилаи металлҳои номбурда бо 1-венилимидазол ва 1-винилбензидазол, дар таносуби 1:1, 1:4, 1:6 чунин намуди комплексҳо ҳосил мешавад: $MeCl_n \cdot 4L$. Бо намакҳои Fe, Mn, Co ва $CuCl_2$ венилимидазолҳо комплексҳои таркиби зеринро ҳосил мекунад: $CuCl_2 \cdot L$, $CuCl_2 \cdot 2L$, $CuCl_2 \cdot L$. Аз адабиёти таҳлилшуда муайян гардид, ки комплексҳосилкунии нукра(I) бо 1-метил-2-меркаптоимидазол дар маҳлулҳои обӣ то дараҷае омӯхта нашудааст.

Мақсади қораз омӯзиши раванди комплексҳосилкунии Ag(I) бо 1-метил-2-меркаптоимидазол (1МИ), муайян кардани таъсири қувваи ионӣ ба собитҳои устуворӣ, ҳисобкунӣ ва таҳлили функцияҳои термодинамикии пайвастҳои координатсионии ҳосилшуда иборат аст.

ҚИСМИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛӢ

Барои комплексҳосилкунии нукра бо 1-метил-2-меркаптоимидазол элементи гальваниро истифода намудем, ки дар он ба сифати электроди индикаторӣ лавҷачаи нукрагӣ ва ҳамчун электроди муқоисавӣ электроди хлорнукрагӣ истифода карда шуд. Комплексҳосилкуниро дар маҳлули обӣ бо қувваи ионии 0,2 мол/л мавриди омӯзиш қарор додем. Концентрацияи аввалаи $AgNO_3$ ба $1 \cdot 10^{-4}$ мол/л ва концентрацияи 1-метил-2-меркаптоимидазол ба $1 \cdot 10^{-2}$ мол/л баробар шуд. Потенсиали системаи гальваниро бо ёрии рН-метри PHS-25 чен намудем. Ҳароратро дар ячейка бо ёрии ҳамоми термостат ($\pm 0.5^\circ C$) доимӣ нигоҳ доштем. Концентрацияи мувозинатии нукра(I), 1-метил-2-меркаптоимидазол, шумораи зарраҳо ва константаҳои устувории комплексҳои ҳосилшуда бо истифода аз барномаи KEV[16] ҳисоб карда шуд.

МУҲОКИМАИ НАТИҶАҲОИ ТАҶРИБАВӢ

Комплексҳосилкунии нукра ва 1-МИ бо истифода аз электроди навъи якум дар асоси нукраи металлӣ гузаронида шуд. Ин электрод дар маҳлулҳои обӣ баргарданда ва дорои потенсиали устувор ($E^0 = 0,800V$) мебошад. Дар кори [17] ҳосиятҳои кислотагӣ – асосии 1МИ дар маҳлулҳои обӣ омӯхта шудааст. Муайян гардидааст, ки ин пайвасти органикӣ дар ҳудудҳои рН=5-10 дар шакли молекулавӣ мавҷуд аст ва дар ҳамин шакл ба фикри мо дар реаксияи комплексҳосилкунӣ иштирок мекунад.

Дар ҷадвали 1 натиҷаи титронии потенциометрӣ, тағйирёбии концентрацияи моддаҳои ба реаксия дохилшаванда дар ҳар як нуктаи титронӣ ва концентрацияи мувозинатии онҳо оварда шудааст.

Ҷадвали 1. Тағйирёбии потенсиали системаи Ag/Ag^+ , консентратсияи мувозинатии нукра ва 1-метил-2-меркаптоимидазол дар ҳарорати 273 К. $C_{Ag^+} = 10^{-4}$ мол/л. $C_{МИ} = 10^{-2}$ мол/л.

Таблица 1. Изменение потенциал системы Ag/Ag^+ , равновесной концентрации серебра и 1-метил-2-меркаптоимидазола при 273 К. $C_{Ag^+} = 10^{-4}$ моль/л. $C_{МИ} = 10^{-2}$ моль/л.

Table 1. Changes the potential system of Ag/Ag^+ , the equilibrium concentration of silver and 1-methyl-2-mercaptoidymazole at a temperature of 273 K. $C_{Ag^+} = 10^{-4}$ mol/l. $C_{МИ} = 10^{-2}$ mol/l.

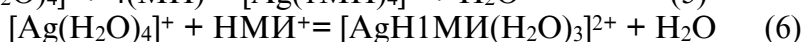
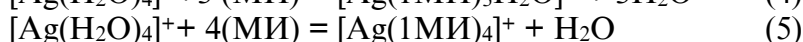
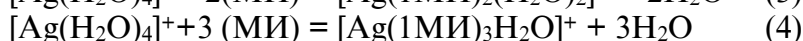
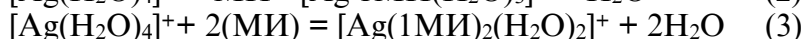
E, мВ	$C_L \cdot 10^4$, мол/л	$C_{Ag^+} \cdot 10^5$, мол/л	$[L] \cdot 10^4$, мол/л	$[Ag^+] \cdot 10^{11}$, мол/л
532,5	0,398	9,96	0,0000714	5980000
459,0	0,94	9,92	0,000428	1990000
417,6	1,19	9,88	0,104	9150
396,0	1,57	9,84	0,330	2370
372,0	1,96	9,80	0,597	1080
351,4	2,34	9,77	0,885	608
332,3	2,72	9,73	0,120	382
327,0	3,10	9,69	0,152	259

320,0	3,47	9,65	0,185	186
318,0	3,85	9,62	0,220	139
312,0	4,58	9,54	0,289	85,6
305,0	5,30	9,47	0,358	57,8
298,3	6,02	9,40	0,429	41,4
295,0	6,72	9,33	0,498	31,1
292,0	8,09	9,19	0,634	19,4
290,2	8,76	9,12	0,701	15,9
288,3	9,42	9,06	0,767	13,3
262,0	9,75	9,03	0,800	12,2
257,0	10,7	8,93	0,895	9,68
251,0	11,7	8,83	0,996	7,77
247,0	12,6	8,74	10,86	6,49
241,0	13,5	8,65	11,77	5,47
237,5	14,4	8,56	12,67	4,67
235,2	15,3	8,47	13,55	4,04
231,3	16,7	8,33	14,98	3,24
224,4	18,0	8,20	16,36	2,67
218,8	19,4	8,06	17,71	2,24
214,3	20,9	7,94	19,00	1,90
208,3	21,9	7,81	20,26	1,64
206,7	23,1	7,69	21,48	1,43
203,3	24,2	7,58	22,67	1,26
201,2	25,4	7,46	23,82	1,12
194,4	27,5	7,25	26,01	0,906
192,1	29,6	7,04	28,09	0,749
186,5	31,5	6,85	30,05	0,632
185,2	33,3	6,67	31,91	0,541
184,0	36,7	6,33	35,35	0,413
182,0	39,8	6,02	38,46	0,327
180,0	42,5	5,75	41,28	0,268
175,0	46,2	5,38	45,06	0,207
165,7	49,5	5,05	48,38	0,166
157,3	52,4	4,76	51,33	0,138
153,8	55,0	4,50	53,95	0,117
150,8	57,3	4,27	56,31	0,101
148,8	59,3	4,07	58,44	0,0881
144,0	62,4	3,76	61,56	0,0724
142,6	65,0	3,50	64,24	0,0612
137,0	67,3	3,27	66,58	0,0528
134,3	69,3	3,07	68,63	0,0462
132,6	71,1	2,89	70,44	0,041
132,0	72,7	2,73	72,05	0,0368

Аз ҷадвали 1 ва тадқиқотҳое, ки дар дигар ҳароратҳо гузаронида шудаанд, муайян гардид, ки хангоми илова кардани 1МИ ба маҳлули нитрати нуқра потенциали электроди нуқрагӣ кам мешавад. Дидан мумкин аст, ки дар ҳарорати 273К потенциали системаи Ag/Ag^+ нисбат ба электроди хлор нуқрагӣ аз 523 то 132мВ кам мешавад. Дар ҳарорати 298К аз 518 то 199,7 тағйир меёбад.

Барои муайян кардани таркиб васобитаҳои устувори пайвастиҳои комплексӣ аз барномаи KEV[16] истифода бурдем. Ин барнома имконият медиҳад, ки дар асоси маълумотҳои эксперименталӣ, концентратсияи зарраҳои дар маҳулӯлҳосилшуда ва

устувории онҳо муайян карда шаванд. Барои ин амалро ичро кардан сараввал дар барнома тағйирёбиипотенсиалисистемаи Ag/Ag^+ , тағйирёбии концентратсияи моддаҳои ба реаксия дохилшаванда дар ҳар як нуқтаи титронӣ, тағйирёбии концентратсияи ионҳои гидроген ва собитҳои протонизатсияшавии лиганди органикиро ворид кардан лозим аст. Баъдан матрица (қолиб)-и муодилаи реаксияҳои, ки эҳтимолияти гузаштани онҳо ҳангоми таъсири мутақобилаи нукра бо 1-метил-2-меркаптоимидазол мавҷудҳаст, тартиб дода шуда дар барнома ҷо карда мешаванд (реаксияҳои 1-6).



Қоркарди маълумоти титронии потенциометрӣ бо барномаи KEV натиҷаи қаноатбахшро танҳо барои гузариши реаксияҳои 2-4 ва собитҳои устувории ҳосилшавии зарраҳои комплексҳоро аз рӯйи ин равандҳо ҳисоб мекунад. Дар ҷадвали 2 қимати собитҳои устувории пайвастаҳои комплекси нукра (I) бо 1МИ дар ҳарҳароратҳои 273-318К оварда шудааст.

Ҷадвали 2. Собитҳои умумии устувории заррачаҳои комплекси нукра(I) бо 1МИ дар ҳарҳароратҳои 273-318К. $J=0,2$ мол/л

Таблица 2. Общие константы устойчивости комплексов серебра (I) с 1-МИ при температурах 273-318К. $J=0,2$ моль/л

Table 2. General stability constants of silver complex silver (I) with 1MI at temperatures of 273-318K. $J = 0,2$ mol/l

T, K	$\lg\beta_1$ [AgMI(H ₂ O) ₃] ⁺	$\lg\beta_2$ [Ag(MI) ₂ (H ₂ O) ₂] ⁺	$\lg\beta_3$ [Ag(MI) ₃ (H ₂ O)] ⁺
273	7,97±0,11	11,99±0,09	13,77±0,44
288	7,82±0,10	10,85±0,50	13,51±0,30
298	7,02±0,05	10,40±0,13	13,01±0,10
308	6,87±0,08	10,06±0,50	12,66±0,052
318	5,27±0,05	9,85±0,08	12,28±0,14

Аз маълумоти ҷадвали 2 дида мешавад, ки собитҳои умумии устуворӣ бо зиёдшавии ҳарорат кам мешаванд. Ҳангоми гузаштан аз собитҳои умумӣ ба зинагӣ мушоҳида мешавад, ки бо зиёдшавии шумораи молекулаи 1МИ дар сфераи дохилии пайвасти комплексӣ устувории комплексҳо кам мешавад (дар 298К; $\lg K_1=7,02$; $\lg K_2=3,03$; $\lg K_3=2,61$). Чунин тағйирёбӣ ба қонуниятҳои гузариши комплексҳосилкунии зинагӣ мувофиқ буда, камшавии устувории комплексҳоро бо омилҳои стерикӣ алоқаманд кардан мумкин аст.

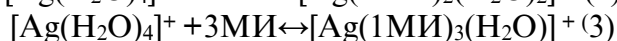
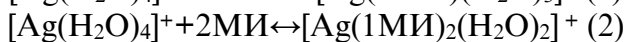
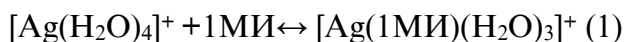
Дар қори [17] мо комплексҳосилкунии нукраро бо 1-метил-2-меркаптоимидазол дар қувваи ионии 0,1мол/л омӯхта шумора, таркиб ва собитҳои устувории концентратсионии пайвастаҳои комплекси ҳосилшударо муайян намудем. Натиҷаҳои қори [17] ва таҳқиқотҳои, ки мо дар қувваи ионии 0,2мол/л оиди собитҳои устувории концентратсионӣ ба даст овардем, имконият дод, ки собитҳои термодинамикӣ ҳосилшавии пайвастаҳои комплекси нукра бо 1МИ ҳисоб карда шаванд.

Барои ҳисоб кардани собитҳои устувории термодинамикӣ мо аз муодилае, ки дар қори [18] барои ҳисоб намудани β^0 таъсир шудааст, истифода намудем:

$$\lg \beta_0 = \lg \beta_c - \Delta v z^2 A_\gamma \left(\frac{I^{1/2}}{1 + 1,6 I^{1/2}} - 0,05 I \right) + \delta I \quad (1)$$

Ин муодила имконият медиҳад, ки собитаҳои термодинамикии устуворӣ дар дилхоҳ ҳароратҳо ҳисоб карда шаванд. Дар ин муодила бузургии $\delta = \lg \beta_c - \lg \beta_c'' - \lg \beta_c''' - \lg \beta_c''''$ - собитаи умумии устуворӣ дар қувваи ионии якум, $\lg \beta_c'''$ - собитаи умумии устуворӣ дар қувваи ионии дуум. $\Delta v z^2 = \Delta v z_{\max, \text{реак.}}^2 - \Delta v z_{\text{мод. аввала}}^2$.

Таҳқиқоти гузаронидашуда нишон дод, ки барои реаксияҳои 1-3 қимати $\Delta v z^2 = 0$ баробар аст.



Дар ҷадвали 3 собитаҳои термодинамикии пайвастиҳои комплекси нукра(I) бо 1MI дар ҳароратҳои 273-318K оварда шудааст.

Ҷадвали 3. Собитаҳои термодинамикии устувории пайвастиҳои комплекси нукра(I) бо 1MI дар ҳароратҳои 273-318K

Таблица 3. Термодинамические константы устойчивости комплексов серебра(I) с 1MI при температурах 273-318K

Table 3/ Thermodynamic stability of silver complex compounds (I) with 1MI at temperatures of 273-318K

Т.К	$\lg \beta_1^0$ $[\text{AgMI}(\text{H}_2\text{O})_3]^+$	$\lg \beta_2^0$ $[\text{Ag}(\text{MI})_2(\text{H}_2\text{O})_2]^+$	$\lg \beta_3^0$ $[\text{Ag}(\text{MI})_3(\text{H}_2\text{O})]^+$
273	6,96±0,11	10,46±0,09	13,70±0,44
288	6,54±0,10	9,97±0,050	12,60±0,30
298	6,27±0,05	9,71±0,13	12,31±0,10
308	6,11±0,05	9,50±0,50	11,90±0,052
318	5,24±0,05	8,94±0,08	11,07±0,14

Натиҷаи ҳисобкуниҳо нишон дод, ки фарқи байни собитаҳои концентратсионӣ ва термодинамикӣ дар ҳароратҳои паст зиёд буда, ки ин аз табиати зарраҳои комплекси вобастагӣ дорад.

Дар асоси собитаҳои термодинамикӣ функсияҳои термодинамикӣ барои реаксияи комплексҳосилкунии нукра ва 1MI бо усулҳои коэффисиенти ҳароратӣ [6] ва Кларку Глю [19] ҳисоб карда шудаанд. Дар ҷадвали 4 функсияҳои термодинамикии ҳосилшавии зарраҳои комплекси нукра(I) бо 1MI, ки бо ҳар ду усул муайян шудаанд, оварда шудааст.

Ҷадвали 4. Функсияҳои термодинамикии реаксияҳои ҳосилшавии пайвастиҳои комплекси нукра(I) бо 1MI: ΔH^* , ΔG^* , ΔS^* - бо усули Кларк ва Глю ҳисоб шудаанд

Таблица 4. Термодинамические функции реакции образования комплексов серебра(I) с 1MI: ΔH^* , ΔG^* , ΔS^* - рассчитаны методом Кларк и Глю

Table 4. The thermodynamic functions of reactions for the formation of silver complex compounds (I) were calculated by 1MI: ΔH^* , ΔG^* , ΔS^* - by the Clark and Glu method

Реаксияи ҳосилшавии комплексҳо	$\Delta H^*(\Delta H)$ кҶ/моль	$\Delta G^*(\Delta G)$ кҶ/моль	$\Delta S^*(\Delta S)$ Ҷ/(моль·К)
$[\text{Ag}(\text{H}_2\text{O})_4]^+ + \text{L} = [\text{Ag}(\text{H}_2\text{O})_3\text{L}]^+ + \text{H}_2\text{O}$	-57,0(-57,0)	-35,16 (-35,16)	-73,30 (-73,30)
$[\text{Ag}(\text{H}_2\text{O})_4]^+ + 2\text{L} = [\text{Ag}(\text{H}_2\text{O})_2\text{L}_2]^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	-52,57 (-52,57)	-55,11 (-55,11)	8,52 (8,53)
$[\text{Ag}(\text{H}_2\text{O})_4]^+ + 3\text{L} = [\text{Ag}(\text{H}_2\text{O})\text{L}_3]^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	90,47(-90,47)	-69,71 (-69,70)	-69,64(-69,68)

Аз ҷадвали 4 дидан мумкин аст, ки реаксияи ҳосилшавии ҳар се зарраҳои комплекси бо ҳоричшавии гармӣ мегузаранд. Дар баробари ин дар тағйирёбии бузургии ΔH ҳангоми гузаштани реаксияҳои зинагӣ қонуниятҳои муайяне дида

намешавад. Хориҷшавии гармӣ ҳангоми гузариши реаксияҳо далели устувортар будани банди химиявии байни $\text{Ag} - 1\text{MI}$ нисбат ба $\text{Ag} - \text{H}_2\text{O}$ мебошад.

Новобаста аз он ки дар натиҷаи гузариши реаксияҳои қимқори молҳои моддаҳои ба реаксия дохилшаванда ва баъд аз реаксия ҳосилшаванда тағйир намеёбад энтропия (ΔS) ҳангоми ҳосилшавии заррачаи комплексие, ки дар сфераи дохилиаш ду лиганд дорад қимати мусбат мегирад. Чунин тағйирёбии энтропия ба фикри мо аз ҳосияти солвататсияшавии моддаҳои аввала ва маҳсули реаксия вобаста аст. Бузургии ΔG барои ҳар се реаксия манфӣ буда, чунин қимат қабул кардани он аз омили энталпия вобастагии калон дорад.

АДАБИЁТ

1. Скорик Н.А. Соединения кобальта(II) и меди (II) с карбоновыми кислотами, имидазолом и 2-метилимидазолом / Н.А. Скорик, М.М. Филипова, Е.И. Бухольцева [и др.] // Журн. неорган. химии. – Москва, 2015. – Том 60. №6. – С. 806-812.
2. Аминджанов А.А. Комплексообразование меди (II) с 1-метил-2-меркаптоимидазол в среде 7 моль/л HCl / А.А. Аминджанов, К.А. Манонов, Н.Г. Кабиров [и др.] // Журн. неорган. химии. 2016. – Том 61. – №1. 86-91с.
3. Аминджанов А.А. Комплексообразование меди (II) с 1-метил-2-меркаптоимидазол в среде 6 моль/л HCl / А.А. Аминджанов, К.А. Манонов, Н.Г. Кабиров [и др.] // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2016. №1-2 (196) 158-165с.
4. Аминджанов А.А. Комплексообразование меди (II) с 1-метил-2-меркаптоимидазол в среде 7 моль/л HCl при 328K / А.А. Аминджанов, К.А. Манонов, Н.Г. Кабиров // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2014. №1-2 (130) 124-128с.
5. Тран Тхан Тун. Синтез и физико-химические исследования комплексных соединений бромиды меди (II) с азотсодержащими гетероциклическими основаниями: автореф...дисс. к.х.н: 02.00.01 / Тран Тхан Тун. – Москва, 2007. – 17с.
6. Содатдинова А.С. Комплексообразование серебра (I) с N,N-этилентимочевинной при 288-328K / А.С. Содатдинова, К.С. Мабаткадамова, С.М. Сафармамадов [и др.] // Док. Академии наук. – Душанбе, 2013. Том 56. – №7. – С. 541-547.
7. Усачева Т.Р. Термодинамические параметры комплексообразования серебра с 2,2 дипиридилем в водно-диметилсульфоксидных растворителях / Т.Р. Усачева, И.А. Кузьмина, В.А. Шарнин // Журнал физической химии, 2006. Том 80. – №5. С. 860-863.
8. Мошорин Г.В. Термодинамические параметры комплексообразования серебра с 2,2 дипиридилем в бинарных растворителях метанол-диметилформамид / Г.В. Мошорин, Г.И. Репкин, В.А. Шарнин // Журнал физической химии, 2006, том 80, №5. С. 944-946.
9. Кузьмина И.А. Влияние состава растворителя ацетонитрил – диметилсульфоксид на термодинамику комплексообразования серебра (I) с пиперидином / И.А. Кузьмина, В.А. Шарнин, В.А. Шорманов // Журнал физической химии 2007, том 81, №10, с. 1902-1904.
10. Pashchevskaya N.V. Effect of the Condition of Synthesis on the Composition and Structure of Copper(II) Complexes with Benzimidazole N.V. Pashchevskaya, M.A., Nazarenko S.N. Bolotin [another's]. // Russ. Journ. inorg. chem. – 2010. V. 55. № 9. – P. 1425-1432.
11. Зырянова И.А. Новые лиганды и металлокомплексы на базе функционально замещенных азолов: автореф. дис ... канд. хим. наук: 02.00.03 / И.А. Зырянова. – Иркутск, 2003. 23 с.
12. Орифов А.А. Комплексные соединения рения (V) с имидазолом и 2-меркаптоимидазолом: автореф. дис...канд.хим. наук: 02.00.01 / А.А. Орифов. – Душанбе, 2000. 24с.
13. Буду Г.В. Комплексообразование серебра с некоторыми гетероциклическими аминами в водно-этанольных растворах / Г.В. Буду, А.П. Тхоряк // Журн. неорган. химии. – 1980. – Том 25. – Вып.4. – С. 1006-1008.
14. Домнина Е.С. Синтез и спектральные исследования 1-винилазолов с хлоридом никеля / Е.С. Домнина и [другие] // Журнал общей химии. Москва. 1971. – Т.41, Вып. 5. – С.1102-1106.
15. Скворцова Т.Т. Комплексообразование 1-винилозолов с хлоридами марганца, железа, кобальта и меди. Т.Т. Скворцова, Е.С. Домнина, Ю.Н. Ивлев и [другие] // Журнал общей химии. Москва. 1972. – Т.42, Вып. 3. – С.596-599.
16. Mehkov A.N, Gamov G. AKEV: a free software for calculating the equilibrium composition and determining the equilibrium constant using UV-Vis and potentiometric data. Talanta, 2019, Vol. 198, 200 p.
17. Содатдинова А.С. Комплексные соединения серебра с 1-метил-2- меркаптоимидазолом: устойчивость, термодинамические свойства, практическое приложение / А.С. Содатдинова, С.М. Сафармамадзода, и [другие] // Известия НАНРТ. – Душанбе, 2021. №1 (262). – С. 17-25.
18. Васильев В. П. Аналитическая химия Ч.(I) / В. П. Васильев. – М.: Высшая школа. Москва, 1989. – 319 с.

19. Шоедарова З.А. Комплексообразование Fe(II), Fe(III) И Cu (II) С 1,2,4- триазолтиолами: автореф. дис ... канд. хим. наук: 02.00.01 / З.А. Шоедарова. – Душанбе, 2017. 28 с.

REFERENCES LITERATURE

1. Skorik N.A. Compounds of cobalt (II) and copper (II) with carboxylic acids, imidazole and 2-methylimidazole / N.A. Skorik, M.M. Filipova, E.I. Bukholtseva [et al.] // Zh. inorgan. chemistry. - Moscow, 2015. - Volume 60. №6. - P. 806-812.
2. Aminjanov A.A. Complexation of copper (II) with 1-methyl-2-mercaptoimidazole in a 7 mol / L HCl medium / A.A. Aminjanov, K.A. Manonov, N.G. Kabirov [and others] // Zhurn. inorgan. Chemistry. 2016, -Vol. 61. -№1. 86-91 p.
3. Aminjanov A.A. Complexation of copper (II) with 1-methyl-2-mercaptoimidazole in a medium of 6 mol / L HCl / A.A. Aminjanov, K.A. Manonov, N.G. Kabirov [et al.] // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. - 2016. No. 1-2 (196). – P. 158-165.
4. Amindzhanov A.A. Complexation of copper (II) with 1-methyl-2-mercaptoimidazole in a medium of 7 mol / L HCl at 328K / A.A. Aminjanov, K.A. Manonov, N.G. Kabirov // Bulletin of the Tajik National University. Series of natural sciences. - 2014. No. 1-2 (130). – P. 124-128.
5. Tran Than Tun. Synthesis and physicochemical studies of complex compounds of copper (II) bromide with nitrogen-containing heterocyclic bases: abstract ... dissertation. Ph.D.: 02.00.01 / Tran Than Tun. - Moscow, 2007. - 17 p.
6. Sodatdinova A.S. Complexation of silver (I) with N, N-ethylene thiourea at 288-328K / A.S. Sodatdinova, K.S. Mabatkadamova, S.M. Safarmamadov, [et al.] // Doc. Academy of Sciences. - Dushanbe, 2013. Volume 56. - No. 7. - P. 541-547.
7. Usacheva T.R. Thermodynamic parameters of complexation of silver with 2,2 dipyridyl in water – dimethyl sulfoxide solvents / TR Usacheva, I.A. Kuzmina, V.A. Sharnin // Journal of Physical Chemistry, 2006. Volume 80. -№5. – P. 860-863.
8. Moshoring G.V. Thermodynamic parameters of complexation of silver with 2,2 dipyridyl in binary solvents methanol-dimethylformamide / G.V. Moshorin, G. I. Repkin, V. A. Sharnin // Journal of Physical Chemistry, 2006, volume 80, №5. – P. 944-946.
9. Kuzmina I.A. Influence of the composition of the solvent acetonitrile-dimethyl sulfoxide on the thermodynamics of complexation of silver (I) with piperidine / I.A. Kuzmina, V.A. Sharnin, V.A. Shormanov // Journal of Physical Chemistry 2007, volume 81, no. 10. – P. 1902-1904.
10. Pashchevskaya N.V. Effect of the Condition of Synthesis on the Composition and Structure of Copper (II) Complexes with Benzimidazole N.V. Pashchevskaya, M.A., Nazarenko S.N. Bolotin [another's] . // Russ. jurn. inorg. chem. - 2010. V. 55. No. 9. - P. 1425-1432.
11. Zyryanova I.A. New ligands and metal complexes based on functionally substituted azoles: author. dis ... cand. chem. Sciences: 02.00.03 / I.A. Zyryanova. - Irkutsk, 2003. – 23 p.
12. Orifov A.A. Complex compounds of rhenium (V) with imidazole and 2-mercaptoimidazole: author. dis ... cand.chem. Sciences: 02.00.01 / A.A. Orifov. - Dushanbe, 2000. – 24 p.
13. I will be G.V. Complexation of silver with some heterocyclic amines in water-ethanol solutions / G.V. Budu, A.P. Tkhorjak // Zh. inorgan. chemistry. - 1980. - Volume 25. - Issue 4. - P. 1006-1008.
14. Domnina E.S. Synthesis and spectral studies of 1-vinylazoles with nickel chloride / E.S. Domnina and [others] // Journal of General Chemistry. Moscow. 1971.- Vol. 41, Iss. 5. –P.1102-1106.
15. Skvortsova T.T. Complexation of 1-vinyl ash with manganese, iron, cobalt and copper chlorides. TT Skvortsova, ES Domnina, Yu.N. Ivlev and [others] // Journal of General Chemistry. Moscow. 1972.- Vol. 42, Issue. 3. – P.596-599.
16. Mehkov A.N, Gamov G. AKEV: afreesoft ware forcalculating theequilibrium composition and determining theequilibriumconst using UV-Vis and potentiometric data. Talanta, 2019, Vol. 198. – 200 p.
17. Sodatdinova A.S. Complex compounds of silver with 1-methyl-2-mercaptoimidazole: stability, thermodynamic properties, practical application / AS Sodatdinova, SM Safarmamadzoda, and [others] // Izvestiya NANRT. - Dushanbe, 2021. No. 1 (262). – P. 17-25.
18. Vasiliev VP Analytical chemistry Ch. (I) / V. P. Vasiliev. - M.: Higher school. 1989. -319 p.
18. Shoedarova Z.A. Complexation of Fe (II), Fe (III) and Cu (II) with 1,2,4-triazole thiols: author. dis ... cand. chem. Sciences: 02.00.01 / Z.A. Shoedarova. - Dushanbe, 2017. – 28 p.

ТЕРМОДИНАМИКА И КОМПЛЕКСОСИЛКУНИИ Ag (I) БО 1-МЕТИЛ-2-МЕРКАПТОИМИДАЗОЛ

Бо усули потенциометрӣ комплексҳосилкунии нукра(I) бо 1-метил-2-меркаптоимидазол (МИ) дар ҳароратҳои гуногун бо истифода аз электроди нукрағӣ мухта шуд. Муайян гардид, ки ҳангоми илова кардани МИ ба маҳлули нитрати нукра потенциали электроди нукрағӣ дар ҳарорати 273K аз 523 то 132мВ ва дар ҳарорати 298K аз 518 то 199,7мВ кам мешавад. Чунин тағйиребии потенциали ҳам аз гузариши реаксияи комплексҳосилкунии ва ҳам аз ҳарорати вобаста будани ин равандро нишон медиҳад. Барои муайян кардани таркиб ва сохтҳои устувори пайвастиҳои комплекси нукра бо МИ барномаи KEV истифода карда шуд. Коркарди маълумоти титронии потенциометрӣ бо барномаи

КЕВимконият дод, ки таркиб ва устувори се пайвасти координатсионии таркибашон: $[Ag(1MI)(H_2O)_3]^+$, $[Ag(1MI)_2(H_2O)_2]^+$ ва $[Ag(1MI)_3(H_2O)]^+$ дар ҳароратҳои 273-318K муайян карда шавад. Бо истифода аз муодилаи В.П.Василев дар асоси собитҳои устувори концентратсионӣ собитҳои термодинамикии ҳосилшавии пайвастиҳои комплексӣ муайян гардид: дар 298K $lg\beta_1^0 = 6,27 \pm 0,05$; $lg\beta_2^0 = 9,71 \pm 0,13$; $lg\beta_3^0 = 12,31 \pm 0,10$. Нишондода шуд, ки собитҳои термодинамикии вобаста аз зиёдшавии ҳарорат бо як қонунияти муайян кам мешаванд. Собитҳои термодинамикии дар ҳароратҳои гуногун ҳисоб карда шуда, барои муайянкунии функсияҳои термодинамикии ($\Delta H, \Delta G, \Delta S$) пайвастиҳои комплексӣ истифода бурда шудаанд. Реаксияи ҳосилшавии ҳар се пайвасти комплексӣ бо ҳориҷшавии гармӣ мегузаранд. Ҳориҷшавии гармӣ ҳангоми гузариши реаксияҳо далели устувортар будани банди химиявии байни Ag-1MI нисбат ба Ag- H₂O мебошад. Бузургии ΔG барои ҳар се реаксия манфӣ буда, қимати манфӣ қабул кардани он аз омили энталпия вобастагии калон дорад.

Калидвожаҳо: собита, термодинамика, 1-метил-2-меркаптоимидазол, нуқр

ТЕРМОДИНАМИКА КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ Ag(I) С 1-МЕТИЛ-2-МЕРКАПТОИМИДАЗОЛОМ

С использованием серебряного электрода потенциометрическим методом изучено комплексобразование серебра (I) с 1-метил-2-меркаптоимидазолом (1MI) при разных температурах. Установлено, что при добавлении 1MI к раствору, содержащему нитрат серебра электродный потенциал серебряного электрода при 273K уменьшается от 523 до 132мВ, а при 298K до 199,7мВ. Такое изменение потенциала указывает как на протекание комплексобразования, так и на зависимость данного процесса от температуры. Для установления состава и констант устойчивости комплексов серебра с 1MI использовали программа КЕВ. Обработка результатов потенциометрического титрования с помощью программы КЕВ дало возможность, установить состав и устойчивость трех координационных соединений составов: $[Ag(1MI)(H_2O)_3]^+$, $[Ag(1MI)_2(H_2O)_2]^+$ и $[Ag(1MI)_3(H_2O)]^+$. С использованием уравнения В.П.Васильева на основе концентрационных констант определены термодинамические констант образования комплексов при 298K: $lg\beta_1^0 = 6,27 \pm 0,05$; $lg\beta_2^0 = 9,71 \pm 0,13$; $lg\beta_3^0 = 12,31 \pm 0,10$. Расчитаны термодинамические функции ($\Delta H, \Delta G, \Delta S$) образования комплексных соединений. Образование всех трех комплексов протекает с выделением теплоты. Установлен, что теплоты при протекании реакций является доказательством того, что прочность связи Ag-1MI больше, чем связи Ag- H₂O. Величина ΔG для образования всех комплексных форм имеет отрицательное значение и зависит от энтальпийного фактора.

Ключевые слова: константа, термодинамика, 1-метил-2-меркаптоимидазол, серебро.

THERMODYNAMICS OF Ag(I) COMPLEX FORMATION WITH 1-METHYL-2-MERCAPTOIMIDAZOLE

Using a silver electrode, the complexation of silver (I) with 1-methyl-2-mercaptoimidazole (1MI) at different temperatures was studied by a potentiometric method. It was found that when 1MI is added to a solution containing silver nitrate, the electrode potential of the silver electrode at 273K decreases from 523 to 132mV, and at 298K to 199.7mV. This change in potential indicates both the occurrence of complexation and the dependence of this process on temperature. The KEV program was used to establish the composition and stability constants of silver complexes with 1MI. Processing the results of potentiometric titration using the KEV program made it possible to establish the composition and stability of three coordination compounds of compositions: $[Ag(1MI)(H_2O)_3]^+$, $[Ag(1MI)_2(H_2O)_2]^+$ and $[Ag(1MI)_3(H_2O)]^+$. Using the V.P. Vasilev equation, the thermodynamic constants of the formation of complexes at 298K were determined on the basis of concentration constants: $lg\beta_1^0 = 6,27 \pm 0,05$; $lg\beta_2^0 = 9,71 \pm 0,13$; $lg\beta_3^0 = 12,31 \pm 0,10$. The thermodynamic functions ($\Delta H, \Delta G, \Delta S$) of the formation of complex compounds were calculated. Formation of all three complexes with released heat. It has been established that the heats during the course of the reactions are evidence that the strength of the Ag-1MI bond is higher than that of the Ag- H₂O bond. The ΔG value for the formation of all complex forms has a negative value and depends on the enthalpy factor.

Keywords: constant, thermodynamics, 1-methyl-2-mercaptoimidazole, silver

Маълумот дар бораи муаллиф: *Содатдинова Анҷуман Садридиновна* – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, докторанти кафедраи химияи таҳлилий. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** anjuman87@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938-13-66-56

Абдурахмонов Бурихон Файзович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ассистенти кафедраи химияи ғайриорганикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиё. Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** burikhon@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938-759920

Сведения об авторе: *Содатдинова Анҷуман Садридиновна* – Таджикский национальный университет, докторант кафедры аналитической химии. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **E-mail:** anjuman87@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938-13-66-56

Абдурахмонов Бурихон Файзович – Таджикский национальный университет, ассистент кафедры неорганической химии. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17. **E-mail:** burikhon@mail.ru. **Тел.:** (+992) 938-759920

Information about authors: *Sodatdinova Anjuman Sadridinovna* – Tajik National University, the doctorate pulpit of analytics. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Aven., 17. **E-mail:** anjuman87@mail.ru. **Phone:** (+992) 938-13-66-56

Abdurakhmonov Burikhon Faizovich – Tajik National University, the assistant pulpit of inorganic. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Aven., 17. **E-mail:** burikhon@mail.ru . **Phone:** (+992) 938 75 99

20

ТАЪСИРИ ВАЪЪИ ЭКОЛОГИИ МАҲАЛ БА РАВАНДИ БИОХИМИЯВИИ ҲОСИЛШАВИИ РАВҒАН ДАР РАСТАНИҲО

*Иброгимов Д.Э., Гулахмадов Ҳ.Ш., Ибрагимова С.И. *, Зокирова М.А. ***

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад М.С.Осимӣ

*Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

**Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

Омӯзиши равғанҳо фарогири таърихи ҳазорсола мебошад. Ба истиснои равғанҳои эфирӣ айни замон наздикии 2000 номгӯи равғанҳо муайян шуда тасдиқ гардиданд [1].

Яке аз сабабҳои ба пажӯҳиш ва таҳқиқи таркиби растаниҳо аҳамияти хоса додани илм ва истеҳсолоти муосир дар он мебошад, ки равғанҳо натавонанд манбаи ғизо, инчунин, ашёи хоми пурқимат барои ҳосил намудани як зумра мавод ва маҳсулот ба ҳисоб мераванд. Вобаста ба таркиби химиявии равғанҳо самтҳои мухталифи истифодашавии саноатӣ доранд [2].

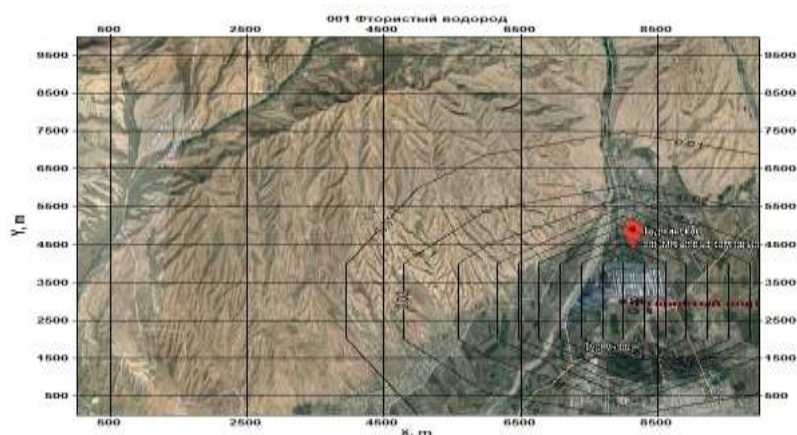
Айни замон дар асоси равғанҳо як зумра дорувориҳо ва моддаҳои фаъоли биологӣ аз қабилҳои кислотаҳои эссенсиалӣ, витамини Е, витамини Р-Р, флованоидҳо ва флованонҳои хосияти антиоксидантӣ дошта ва ғайра ҳосил карда мешаванд. Аз равғанҳои, инчунин, собунҳо, моддаҳои шӯянда, кислотаҳои калонмолекулаи органикӣ, глицерин, биодизел (триатилглицерин, эфирҳои метилӣ ва этилики кислотаҳои калонмолекулаи карбонӣ) ва маводҳои сохтмонӣ (алиф ва рангубор) истеҳсол мегардад [3].

Чи тавре маълум аст, ҳар як номгӯи растани ба худ таркиби химиявии хосро дорад. Дар баробари ин ба таркиби химиявии равған инчунин метавонад таркиби ҳок ва иқлими маҳал, ки дар он растани афзоиш инкишоф меёбад, таъсири худро расонад [4,5].

Натиҷаҳои таҳқиқотҳои гузаронидашуда дар ин самт муайян намудааст, ки таркиби химиявии растаниҳо метавонад инчунин ба вазъи экологии маҳал вобастагӣ дошта бошанд [6].

Ин муҳимияти мавзӯро ба инобат гирифта оиди таъсири партовҳои газӣ ва аэрозолии КВД «ШАТ» ба вазъи экологии флораи минтақа як қатор таҳқиқотҳо гузаронида шуд.

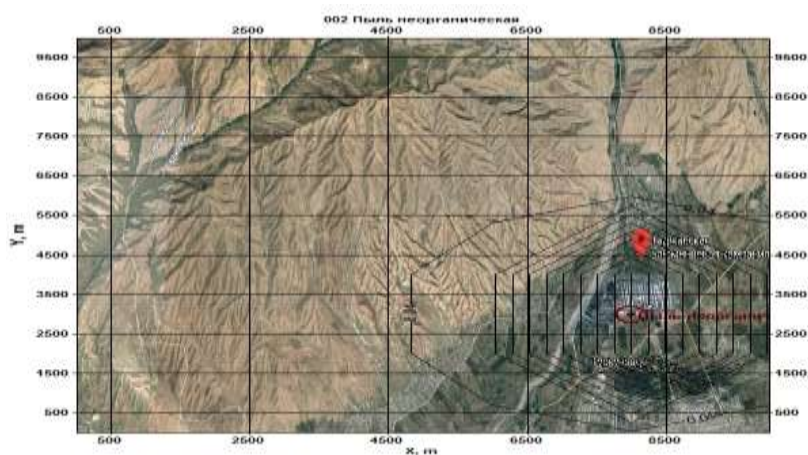
Яке аз ҳадафҳои пажӯҳиш ва таҳқиқотҳо дар ин чода ин арзёбии экологии таъсири ин партовҳо ба равандҳои метаболитикии ҳосилшавии компонентҳои марбут ба равғани растаниҳо мебошад. Барои амалӣ намудани мақсадҳои гузошташуда пеш аз ҳама таркиби химиявии партовҳои газӣ ва аэрозолии истеҳсолоти алюминий муайян карда шуд ва маълум гардид, ки асоси ин партовҳои фториди гидроген чангҳои ғайриорганикӣ ва диоксиди сулфур ташкил медиҳанд. Дар асоси натиҷаҳои таҳқиқ харитаҳои экологӣ-ҷуғрофӣ минтақаҳои осебпазир тартиб дода шуд (Расми 1-3).



Расми 1. Изолинҳои майдонҳои ғализати фториди гидроген дар маҳали КВД «ШАТ»

Рис. 1. Изолиний распространения концентрации фтористого водорода на территории ГУП «Таджикская алюминиевая компания»

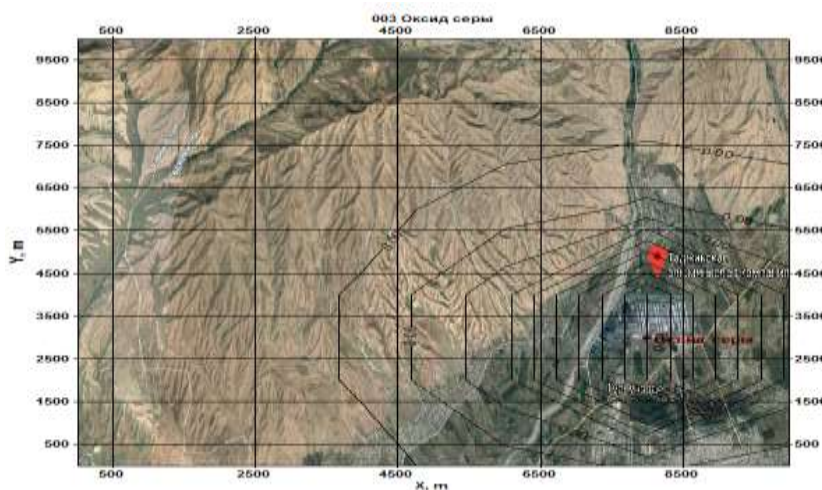
Fig. 1. Isolines of the propagation of hydrogen fluoride concentration on the territory of the State Unitary Enterprise "Tajik Aluminum Company"



Расми 2. Изолинҳои ғализати чанги ғайриорганикӣ дар маҳали КВД «ШАТ»

Рисунок 2. Изолиний распространения неорганической пыли на территории ГУП «Таджикская алюминиевая компания»

Figure 2. Isolines of the spread of inorganic dust on the territory of the State Unitary Enterprise "Tajik Aluminum Company"



Расми 3. Изолинҳои ғализати оксиди сулфур дар маҳали КВД «ШАТ»

Рисунок 3. Изолиний распространения диоксида серы на территории ГУП «Таджикская алюминиевая компания»

Figure 3. Isolines of the spread of sulfur dioxide on the territory of the State Unitary Enterprise "Tajik Aluminum Company"

Чи тавре аз харитаи чуғрофии тартибдодашуда, ки дар расмҳои 1, 2 ва 3 дарҷ гардидааст, бармеояд, изолинҳои майдонҳои консентратсияи фториди ҳидроген, чангҳои ғайриорганикӣ, оксиди сулфур (SO_2) то радиуси 10 км-ро дар бар мегирад.

Таҳлили парокандашавии ҳудуди ғализати миёнаи солонаи ифлоскунандаҳо аз манбаҳои партов нишон дод, ки сатҳи муқарраршудаи ифлосшавӣ дар ҳамаи нуқтаҳои ҳисобшуда аз меъёрҳои гигиенӣ зиёд нест. Бинобар он ки КВД «ШАТ» аз соли 1975 инҷониб фаъолият менамояд, партовҳои газӣ ва аэрозоли метавонанд ба тағйирёбии таркиби химиявии растаниҳо дар минтақаҳои осебпазири муайяншуда таъсири худро расонанд.

Барои муайян намудани эҳтимолияти таъсири партовҳои газӣ ва аэрозоли КВД «ШАТ» ба равандҳои метаболитикии равшанҳосилшавӣ дар растаниҳо як зумра таҳқиқотҳоро оиди муайян намудани таъсири ин партовҳоро дар динамикаи равшанҳосилшавӣ дар тухми пахта гузаронидем.

Барои чудо намудани липидҳои таркибии ядрои тухми пахтаҳои таҳқиқшаванда аз усули экстраксияи гарм истифода намудем. Ба сифати экстрагент аз хлороформ истифода карда шуд. Экстраксия дар мувофиқа бо усулҳои маълум, бо истифода аз ҳамоми обӣ дар ҳарорати 60-65°C муддати то 8 соат гузаронида шуд. Равғаннокӣ бо истифода аз усули Рушковский муайян карда шуд [7-9].

Барои омӯختани динамикаи ҳосилшавии равған дар тухми пахта, равғаннокии онро дар се марҳилаи пухтарасии тухм муайян намудем. Натиҷаҳо дар ҷадвали 1 пешниҳод шудааст.

Ҷадвали 1. Динамикаи ҳосилшавии равған дар ядрои тухми пахта
Табл. 1. Динамика образования масла в составе семян хлопчатника
Table 1. Dynamics of oil formation in the composition of cotton seeds

Намунаҳои тухми растаниҳои таҳқиқшаванда	Равғаннокии ядрои тухм дар марҳилаҳои пухтарасии он (бо ҳисоби %)		
Пахтаи навъи «Меҳргон» (А)	11,33	24,63	40,02
Пахтаи навъи «Меҳргон» (Б)	10,72	23,17	38,72
Пахтаи навъи «Ҳисор» (А)	9,82	11,29	36,3
Пахтаи навъи «Ҳисор» (Б)	9,56	10,90	36,0

Эзоҳ: А- тухми растани пахта, ки дар участкаи эксперименталии назди кафедраи «Биохимия»-и Донишгоҳи миллии Тоҷикистон парвариш карда шудааст; Б –тухми растани пахта, ки дар минтақаи осебпазири назди КВД «ШАТ» парвариш карда шудааст.

Чи тавре аз натиҷаҳои таҳлили дар ҷадвали 1 баррасишуда аён мегардад, барои муқоиса намудани натиҷаҳо пахтаҳои таҳқиқшаванда дар минтақаҳои осебпазири КВД «ШАТ» (Б) ва участкаи эксперименталӣ парвариш карда шудаанд. Натиҷаҳои таҳлил далели он мебошад, ки партовҳои газӣ ва аэрозолии КВД «ШАТ» ба маҳсулнокии биологӣ ва динамикаи ҳосилшавии равған дар ядрои тухми пахта таъсири худро намерасонад.

Барои муайян намудани таъсири партовҳои газӣ ва аэрозолии КВД «ШАТ» ба таркиби химиявии равғани пахта як зумра нишондиҳандаҳои физикию-химиявии равғанҳои ҳосилкардашуда дар мувофиқа бо методҳои маълум муайян намудем [10-14]. Натиҷаҳо дар ҷадвали 1 баррасӣ гардидааст.

Ҷадвали 2. Вобастагии қимати нишондиҳандаҳои физикию – химиявии равған ба вазъи экологии минтақаи афзоишу инкишофи растани

Табл. 2. Зависимость значения физико-химических показателей масла от экологической обстановки зоны произрастания

Tab. 2. Dependence of the value of the physical and chemical parameters of the oil on the ecological situation of the growing zone

Номгӯи равғанҳои таҳлилшаванда	Нишондиҳандаҳои физикию химиявии муайяншуда					
	$[\rho]^{20}_4$	$[n]^{20}_D$	АК (мг КОН/г)	АС (мг КОН/г)	АЭ (мг КОН/г)	АИ (мг КОН/г)
Равғани ядрои тухми пахтаи навъи «Меҳргон» (А)	0,927	1,4740	3,51	186,5	182,99	104,58

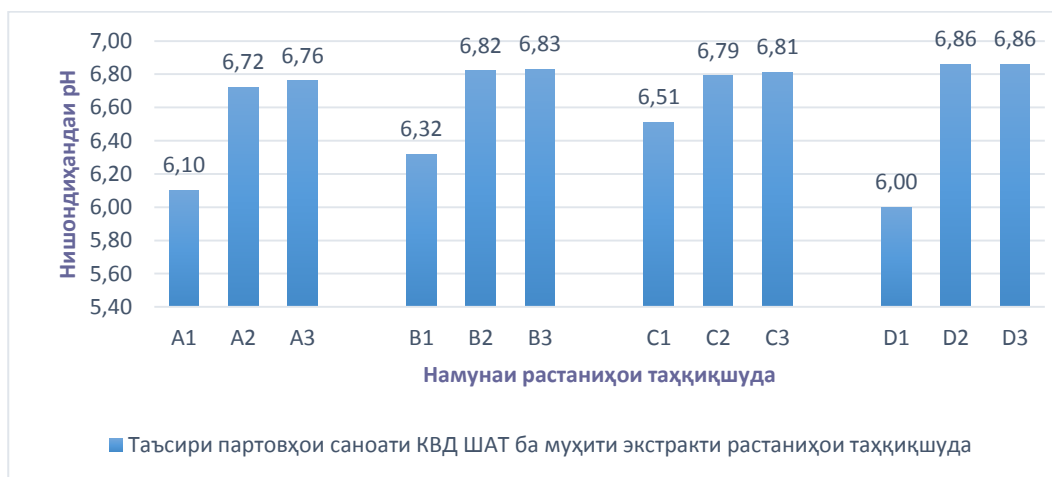
Равғани ядрои тухми пахтаи навъи «Меҳргон» (Б)	0,931	1,4745	3,63	187,3	183,67	89,29
Равғани ядрои тухми пахтаи навъи «Ҳисор» (А)	0,930	1,4743	3,53	180,3	176,77	100,45
Равғани ядрои тухми пахтаи навъи «Ҳисор» (Б)	0,929	1,4741	3,59	191,1	187,51	89,96

Эзоҳ: - А, Б нигаред ба чадвали 1. АК - адади кислотагӣ, АС - адади собунонӣ, АЭ - адади эфирӣ, АИ – адади иодӣ:

Дар асоси натиҷаҳои таҳлили эксперименталӣ муайян карда шуд, ки ба таркиби химиявӣ равғанҳо метавонанд вазъи экологии минтақа таъсири худро расонад. Чи тавре аз натиҷаҳои таҳлил, ки дар чадвали 2 пешниҳод гардидааст, бармеояд, намунаҳои равғани пахтае, ки дар минтақаҳои осебпазири КВД «ШАТ» парвариш гардидааст, нишондиҳандаҳои адади кислотагӣ нисбат ба равғани пахта, ки дар минтақаҳои аз ҷиҳати экологӣ тоза (участкаи эксперименталии назди кафедраи биохимияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон) парвариш ёфтааст, каме зиёдтар мебошад. Дар муайян намудани адади иодии ин равғанҳо бо методҳои маълум ҳодисаи баръакси адади кислотагӣ мушоҳида карда шуд [15,16]. Адади иодии навъҳои равғани таҳлилшавандаи А (нигаред ба чадвали 2) нисбат ба намунаи Б зиёдтар мебошад.

Аз ин натиҷаҳои таҳлили эксперименталӣ бармеояд, ки партовҳои газӣ ва азрозолии КВД «ШАТ» метавонад ҳосилшавии кислотаҳои калонмолекулаи карбониро зиёд намояд. Нисбатан кам гардидани адади иодӣ аз он гувоҳи медиҳад, ки вазъи экологии минтақаҳои осебпазири КВД «ШАТ» ба маҳсулнокии биологӣ ҳосилшавии пайвастагҳои беҳад дар таркиби растаниҳо таъсири манфии худро мерасонад.

Дар баробари ин таҳқиқот барои муайян намудани таъсири вазъи экологии маҳал ба рН-и экстракти растаниҳо низ таҳқиқ гузаронида шуд. Натиҷаҳои таҳлил дар диаграмаи 1 пешниҳод гардидааст.



Диаграмаи 1. Таъсири партовҳои КВД «Ширкати алюминии тоҷик» ба рН-и липидҳои таркиби баъзе растаниҳои минтақа

Диаграма 1. Влияние отходов ГУП «Таджикская алюминиевая компания» на рН липидного состава некоторых растений региона

Diagram 1. Influence of wastes of the State Unitary Enterprise "Tajik Aluminum Company" on the pH of the lipid composition of some plants in the region

Эзоҳ: А₁ – экстракти баргу пояи ARCTIUM TOMENTOSUM MILL (АТМ) – и аз минтақаи осебпазири КВД Ширкати алюминии тоҷик чамъоваришуда; А₂ – экстракти баргу пояи АТМ – и аз минтақаи Варзоб чамъоваришуда; Б₁ – экстракти тухми АТМ – и аз минтақаи осебпазири КВД Ширкати алюминии тоҷик чамъоваришуда; Б₂ – экстракти тухми АТМ – и аз минтақаи Варзоб чамъоваришуда; Б₃ – экстракти тухми АТМ – и аз минтақаи Ромит чамъоваришуда; В₁ – экстракти баргу пояи Medicágo Satíva (юнучка) – и аз минтақаи осебпазири КВД Ширкати алюминии тоҷик чамъоваришуда; (Растани мазкур дар фазаи бутонизатсия чамъоварӣ гардида хушконида шудааст); В₂ – экстракти баргу пояи Medicágo

Sativa (юнучка) – и аз минтакаи Варзоб чамъоваришуда; B_3 – экстракти баргу пояи *Medicágo Sativa* (юнучка) – и аз минтакаи Ромит чамъоваришуда; G_1 – экстракти барги *Platanus orientalis* (чинор), ки аз минтакаи осебпазири КВД Ширкати алюминии тоҷик чамъоваришуда; G_2 – экстракти барги *Platanus orientalis* (чинор), ки аз минтакаи Варзоб чамъоваришуда; G_3 – экстракти барги *Platanus orientalis* (чинор), ки аз минтакаи Ромит чамъоваришуда.

Аз натиҷаҳои таҳлил муайян гардид, экстракти растаниҳое, ки дар минтақаҳои осебпазири КВД «ШАТ» мерӯянд ва инкишофу афзоиш меёбанд, нисбат ба растаниҳои аз минтақаҳои аз ҷиҳати экологӣ нисбатан тоза рН-и нисбатан пастарро доранд.

Ҳамин тариқ тавассути методҳои химияи органикӣ ва биохимияи наботот муайян гардид, ки новобаста аз он ки партовҳои газӣ ва аэрозолии КВД «ШАТ» аз ҳадди ҷоизии муқарраршудаи партовҳо зиёд нест, онҳо метавонанд ба зиёдшавии ғализати компонентҳои ҳосияти кислотагӣ дошта мусоидат намоянд. Дар баробари ин муайян гардид, ки партовҳои газӣ ва аэрозолии истеҳсолоти алюминий ба раванди метаболитикии ҳосилшавии пайвастагиҳои беҳади карбонӣ таъсир расонида, боиси камшавии ғализати онҳо дар таркиби растаниҳо мегардад.

АДАБИЁТ

1. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений// А.И.Ермаков, В.В.Арасимович. - Л.:Агропромиздат. Ленингр.отд-ние, 1987. – 430 с.
2. Иброгимов Д.Э. Химические и биохимические исследования органических компонентов экстракта некоторых растений Таджикистана// Иброгимов Д.Э./Автореферат дисс.на соиск.ученной степ. доктора хим.наук. –Душанбе: -ТГУ им.акад.М.С.Осими. 2019.-118с.
3. Иброгимов Д.Э. Эффективные технологии производства биодизеля на основе растительных технических масел/ Иброгимов Д.Э., Маджидов Т.С., Гулахмадов Х.Ш. Махмудова Т.М // Политехнический Вестник серия: инженерные исследования – Душанбе: Шинос, -2019. -№1(45). – ст.117-121.
4. Иброгимов, Д.Э. Влияние минеральных удобрений на компонентный состав эфирного масла герани *PELARGONIUM ROSEUM WILLD* [Текст] / Д.Э. Иброгимов, С. Нажбудинов, Н.А. Юсупова // Доклады АН РТ. – Душанбе: Дониш, - 2011. - т.54. -№8. - С.673 – 678.
5. Иброгимов Д.Э. Макро и микро элементы семян некоторых сортов и линий хлопчатника *GOSSYPIUM HIRSUTUM L* [Текст] / М.М. Якубова, С.И. Ибрагимова, Д.Э. Иброгимов, З.М. Хамрабаева, // Доклады АН РТ. – Душанбе: Дониш, - 2012. - т.55. -№1. - С.69 – 75.
6. Иброгимов Д.Э. Перспективы применения технических растительных масел флоры Таджикистана для отечественного производства/ Иброгимов Д.Э., Маджидов Т.С., Махмудова Т.М.// Вестник Таджикского национального университета (ISSN-2413-452X.) -2019. №3 ст.264-270.
7. Иброгимов, Д.Э. К вопросу биологических активных веществ состава экстракта *Arctium Tomentosum Mill.* [Текст] / Ш.Х. Халиков., А.А., Дустов // Вестник Авицены. – Душанбе: - ТГМУ им. Абуали ибни Сино - 2006, т.1, -С.42-54.
8. Иброгимов, Д.Э. К вопросу о масличности некоторых сортов и линий хлопчатника выращиваемых в Таджикистане [Текст] / Д.Э. Иброгимов, С.И. Ибрагимова // Земледелец. – Душанбе: Кишоварз, - 2012. -№1(59). - С.21 – 24.
9. Иброгимова, С.И. Характеристика масленности и продуктивности волокна в некоторых сортах и линиях хлопчатника [Текст] / С.И. Иброгимова, Д.Э. Иброгимов, П.М. Насрединова, // Вестник Таджикского национального университета, – Душанбе: Сино, -2015. -№1/6(190). – С.42-48.
10. Иброгимов, Д.Э. Новый метод определения кислотного числа в маслах и экстрактах [Текст] / Д.Э. Иброгимов, Ш.Х. Усмонова, Ш.Х. Халиков // Научная перспектива (научно-аналитический журнал). – Россия: Химия, - 2010. -№9,-С.84-86.
11. Иброгимов, Д.Э. Характеристика фенольных соединений состава масла семян *Arctium tomentosum Mill* [Текст] / Д.Э. Иброгимов Г.М. Муллоева, Ш.Х. Халиков, А.Х. Зумратов // Научно-медицинский журнал «Паёми Сино» Вестник Авицены. – Душанбе: ТГМУ им. Абуали ибни Сино – 2011. т.1. -№4. -С.118-123.
12. Иброгимов, Д.Э. К вопросу о количественной характеристике кислот состава масел [Текст] / Д.Э. Иброгимов, К.М. Палавонов, Б.Ф. Абдулхайров, Д.Р. Норкулова, С. Дж. Ёдгорова // Вестник Таджикского национального университета, – Душанбе: Сино, -2015. - №1/2(160). – С.185-189.
13. Иброгимов, Д.Э. Характеристика физико-химических константов хлопкового масла некоторых сортов хлопчатника выращиваемых в Таджикистане [Текст]/ Д.Э. Иброгимов, А.Ш. Махмудов, Т.М. Махмудова // Политехнический Вестник серия: интеллект, инновации, инвеститсия – Душанбе: Шинос, -2018. -№1(41). – С.28-36.

14. Иброгимов Д.Э. Модернизированный способ определения кислотного числа нефтяного масла / Иброгимов Д.Э., Гулахмадов Х.Ш., Махмудова Т.М. // Вестник Таджикского национального университета (ISSN-2413-452X.)-2019. №1 ст.213-217
15. Иброгимов Д.Э. Изменение компонентного состава масла *Arctium tomentosum* mill в различных фазах [Текст] / Д.Э. Иброгимов, А.Ш. Махмудов, Т.М. Махмудова // Вестник Таджикского национального университета, – Душанбе: Сино, -2017. -№1/1(220). – С.200-203.
16. Иброгимов, Д.Э. Качественная и количественная характеристика фенольных соединений в образцах соляных вод Республики Таджикистан [Текст] / Д.Э. Иброгимов, К.М. Палавонов // Вестник Таджикского Национального Университета– Душанбе: Сино, -2017. - №1-3. - С.209-213.

REFERENCES LITERATURE

1. Ermakov A.I. Methods of biochemical research of plants// A.I.Ermakov, V.V.Arasimovich.-L.: Agropromizdat. Leningrad department, 1987.-430 p.
2. Ibrogimov D.E. Chemical and biochemical studies of organic components of the extract of some plants of Tajikistan / Abstract of a thesis for a scientific degree. doctors of chemical sciences. -Dushanbe: -TTU named after academician M.S. Osimi. 2019.-118 p.
3. Ibrogimov D.E. Efficient technologies for the production of biodiesel based on vegetable technical oils / Ibrogimov D.E., Madzhidov T.S., Gulakhmadov Kh.Sh. Makhmudova T.M // Polytechnic Bulletin series: engineering research - Dushanbe: Shinos, -2019. -№1 (45). - P. 117-121.
4. Ibrogimov, D.E. Influence of mineral fertilizers on the component composition of PELARGONIUM ROSEUM WILLD geranium essential oil [Text] / D.E. Ibrogimov, S. Nazhudinov, N.A. Yusupova // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan. - Dushanbe: Donish, - 2011. - v. 54. - №8. - P.673 - 678.
5. Ibrogimov D.E. Macro and micro elements of seeds of some varieties and lines of cotton GOSSYPIUM HIRSUTUM L [Text] / M.M. Yakubov, S.I. Ibragimova, D.E. Ibrogimov, Z.M. Khamrabaeva, // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan. - Dushanbe: Donish, - 2012. -- v. 55. -№1. - P. 69 - 75.
6. Ibrogimov D.E. Prospects for the use of technical vegetable oils of the flora of Tajikistan for domestic production / Ibrogimov D.E., Madzhidov T.S., Mahmudova T.M.// Bulletin of the Tajik National University (ISSN-2413-452X.) -2019. No. 3. – P.264-270.
7. Ibrogimov D.E. On the issue of biological active substances of the composition of the extract of *Arctium tomentosum* Mill. [Text] / Sh.Khalikov., A.A., Dustov // Avicena Bulletin. - Dushanbe: - TSMU im. Abuali ibni Sino - 2006, v.1. -P.42-54.
8. Ibrogimov D.E. On the issue of oil content of some varieties and lines of cotton grown in Tajikistan [Text] / D.E. Ibrogimov, S.I. Ibragimova // Farmer. - Dushanbe: Kishovarz, - 2012. -№1 (59). - P.21 - 24.
9. Ibrogimova S.I. Characteristics of oiliness and fiber productivity in some varieties and lines of cotton [Text] / S.I. Ibrogimova, D.E. Ibrogimov, P.M. Nasredinova, // Bulletin of the Tajik National University, - Dushanbe: Sino, -2015. -No. 1/6 (190). - P.42-48.
10. Ibrogimov, D.E. A new method for determining the acid number in oils and extracts [Text] / D.E. Ibrogimov, Sh.Kh. Usmonova, Sh.Kh. Khalikov // Scientific perspective (scientific and analytical journal). - Russia: Chemistry, - 2010. -№9. -P.84-86.
11. Ibrogimov D.E. Characteristics of phenolic compounds of the composition of the seed oil *Arctium tomentosum* Mill [Text] / D.E. Ibrogimov G.M. Mulloeva, Sh.Kh. Khalikov, A.Kh. Zumratov // Scientific medical journal "Payami Sino" Avicena Bulletin. - Dushanbe: TSMU im. Abuali Ibni Sino - 2011.vol. 1. - №4. - P.118-123.
12. Ibrogimov D.E. On the question of the quantitative characteristics of acids in the composition of oils [Text] / D.E. Ibrogimov, K.M. Palavonov, B.F. Abdulkhayrov, D.R. Norkulova, S. J. Yodgorova // Bulletin of the Tajik National University, - Dushanbe: Sino, -2015. - No. 1/2 (160). - P. 185-189.
13. Ibrogimov D.E. Characteristics of the physical and chemical constants of cotton oil of some varieties of cotton grown in Tajikistan [Text] / D.E. Ibrogimov, A.Sh. Makhmudov, T.M. Makhmudova // Polytechnic Bulletin series: intelligence, innovation, investment - Dushanbe: Shinos, -2018. -No. 1 (41). - P.28-36.
14. Ibrogimov D.E. A modernized method for determining the acid number of petroleum oil / Ibrogimov D.E., Gulakhmadov Kh.Sh., Makhmudova T.M. // Bulletin of the Tajik National University (ISSN-2413-452X.) - 2019. No. 1. – P/213-217.
15. Ibrogimov D.E. Changes in the component composition of *Arctium tomentosum* mill oil in different phases [Text] / D.E. Ibrogimov, A.Sh. Makhmudov, T.M. Makhmudova // Bulletin of the Tajik National University, - Dushanbe: Sino, -2017. -№1 / 1 (220). - P.200-203.
16. Ibrogimov, D.E. Qualitative and quantitative characteristics of phenolic compounds in saline water samples of the Republic of Tajikistan [Text] / D.E. Ibrogimov, K.M. Palavonov // Bulletin of the Tajik National University - Dushanbe: Sino, -2017. - No. 1-3. - P.209-213.

ТАЪСИРИ ВАЗЪИ ЭКОЛОГИИ МАҲАЛ БА РАВАНДИ БИОХИМИЯВИИ ҲОСИЛШАВИИ РАВҒАН ДАР РАСТАНИҲО

Дар мақолаи мазкур натиҷаҳои таҳқиқотҳои саҳроӣ ва эксперименталӣ оиди муайян намудани эҳтимолияти таъсири партовҳои газӣ ва аэрозолии КВД «ШАТ» ба вазъи экологии флораи минтақа пешниҳод гардидааст. Бо истифода аз методҳои муҳандисии экологии парокандашавии як зумра партовҳои газӣ ва аэрозолии КВД «ШАТ» аз қабилҳои фториди гидроген, чангҳои ғайриорганикӣ ва диоксиди сулфур муайян карда шуд. Дар асоси нуктаҳои муайяншуда харитаи ҷуғрофи-экологии ин изолинҳо тартиб дода шуд. Дар асоси харитаи ҷуғрофии тартибдодашуда ва таҳқиқотҳои саҳроӣ гузаронидашуда муайян карда шуд, ки ҳаҷми умумии партовҳои тасдиқшуда аз меъёр зиёд набуда, минтақаҳои осебпазир радиуси 10 километрро дар бар мегирад. Тавассути методҳои химияи органикӣ арзёбии экологии чанбаҳои биохимиявии таъсири партовҳои газӣ ва аэрозолии КВД «ШАТ» ба минтақаҳои осебпазир таҳқиқ карда шуд. Муайян гардид, ки ин партовҳои истехсолоти алюминий ба равандҳои метаболитикии ҳосилшавии компонентҳои марбут ба равғани растаниҳо таъсир расонида боиси зиёдшавии ғализати компонентҳои дорои ҳосияти кислотагидоштаи таркиби растаниҳо мегарданд. Натиҷаҳои таҳлили эксперименталии муайян намудани нишондиҳандаҳои физикию-химиявии равғани пахта нишон дод, ки ин партовҳо ба маҳсулнокии биологии ҳосилшавии пайвастагҳои беҳад дар таркиби ядроӣ тухми пахта мегарданд.

Калидвожаҳо: истехсолоти алюминий, партовҳои газӣ ва аэрозоли, флораи минтақа, пахта, динамикаи равғанҳосилшавӣ, нишондиҳандаҳои физикию - химиявӣ, растаниҳои хурдӯйид, экстраксия, pH-и экстракҳо.

ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ РЕГИОНА НА БИОХИМИЯ МАСЛООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В РАСТЕНИЯХ

В данной статье приведены результаты полевого и экспериментального исследования определения вероятности влияния газовых и аэрозольных отходов ГУП «Таджикская алюминиевая компания» на экологической обстановке региона. С применением инженерно-экологических методов определено распространение некоторых газовых и аэрозольных отходов ГУП «Таджикская алюминиевая компания» таких как, неорганической пыли, фтористый водород и диоксид серый. На основе полученных результатов составлено географическая-экологическая карта распространение этих отходов в соответствующем регионе. На основе составленной карты и полевых исследований выявлено, что радиус распространения этих отходов составляет 10 километров. С применением методов органической химии изучено экологическая оценка биохимических аспектов влияния газовых и аэрозольных отходов ГУП «Таджикская алюминиевая компания» на флоры региона. Определено, что отходы алюминиевого производства отрицательно влияет на метаболические процессы компонентов относящихся к растительным маслам в результате которого незначительно увеличивается концентрация высших жирных кислот. Из полученных результатов экспериментального анализа определения физико-химических показателей хлопкового масла выявлено, что эти отходы также отрицательно влияют на биологические продуктивности ненасыщенных соединений компонентов состава семени хлопчатника.

Ключевые слова: производства алюминия, газовые и аэрозольные отходы, флоры региона, хлопок, маслообразовательный процесс, физико-химические показатели, дикорастущие растений, экстракция, pH экстрактов.

THE INFLUENCE OF THE ECOLOGICAL SITUATION OF THE REGION ON THE BIOCHEMISTRY OF THE OIL-FORMING PROCESS IN PLANTS

This article presents the results of a field and experimental study of determining the likelihood of the impact of gas and aerosol waste of the State Unitary Enterprise "Tajik Aluminum Company" on the ecological situation in the region. Using engineering and environmental methods, the distribution of some gas and aerosol wastes of the State Unitary Enterprise "Tajik Aluminum Company", such as inorganic dust, hydrogen fluoride and gray dioxide, was determined. Based on the results obtained, a geographic-ecological map of the distribution of these wastes in the corresponding region was compiled. Based on the compiled map and field studies, it was revealed that the radius of distribution of these wastes is 10 kilometers. Using the methods of organic chemistry, the ecological assessment of the biochemical aspects of the influence of gas and aerosol waste of the State Unitary Enterprise "Tajik Aluminum Company" on the flora of the region has been studied. It was determined that the waste of aluminum production negatively affects the metabolic processes of components related to vegetable oils, as a result of which the concentration of higher fatty acids slightly increases. From the obtained results of the experimental analysis of determining the physicochemical parameters of cottonseed oil, it was revealed that these wastes also negatively affect the biological productivity of unsaturated compounds of the components of the cotton seed composition.

Keywords: aluminum production, gas and aerosol waste, regional flora, cotton, oil-forming process, physical and chemical parameters, wild plants, extraction, pH of extracts.

Маълумот дар бораи муаллифон: **Иброгимов Дилшод Эмомович** - Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, доктори илмҳои химия, и.в. профессори кафедраи коркарди энергиябарандаҳо ва хизматрасонии нафту газ. **Суроға:** 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо, 10. **E-mail:** ibrogimov_75@mail.ru. **Тел.:** (+992)905-22-44-75

Гулаҳмадов Ҳайдар Шарифович –Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ, номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи бехатарии фаъолияти инсон ва экология. **Суроға:** 734042, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони акад. Раҷабовҳо, 10. **E-mail:** h.gulahmadov@mail.ru

Ибрагимова Сайрамби Искандаровна- Донишгоҳи миллии Тоҷикистон номзади илмҳои биология, и.в.дотсенти кафедраи биохимия. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** mash_19.87@mail.ru. **Тел.:** (+992)93-417-17-09

Зокирова Маҳина Абдулафисовна - Донишгоҳи технологии Тоҷикистон, унвонҷӯи кафедраи технологияи истеҳсоли маводи хӯроқа. **Суроға:** 734061 Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Н.Қарабоев 63/3. **E-mail:** mash_19.87@mail.ru. **Тел.:** (+992)93-417-17-09

Сведения об авторах: *Ибрагимов Дилшод Эмомович* – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, доктор химических наук, и.о. профессор кафедры переработка энергоносителей и нефтегазового сервиса. **Адрес:** 734042, Республика Таджикистан, г Душанбе, проспект акад. Раҷабовых, 10. **E-mail:** ibrogimov_75@mail.ru. **Тел.:** (+992)905-22-44-75

Гулаҳмадов Ҳайдар Шарифович – Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасность жизнедеятельности и экологии. **Адрес:** 734042, Республика Таджикистан, г Душанбе, проспект акад. Раҷабовых, 10. **E-mail:** h.gulahmadov@mail.ru. **Тел.:** (+992) 918-70-20-81

Ибрагимова Сайрамби Искандаровна – Таджикский национальный университет кандидат биологический наук, и.о.дотсент кафедры биохимия. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рӯдакӣ, 17. **E-mail:** mash_19.87@mail.ru. **Тел.:** (+992)93-417-17-09

Зокирова Маҳина Абдулафисовна – Технологический университет Таджикистана соскатель кафедры технология производства продуктов питания”. **Адрес:** 734061 Республика Таджикистан, г. Душанбе, кӯч. Н.Қарабаева 63/3. **E-mail:** mash_19.87@mail.ru. **Тел.:** (+992)93-417-17-09

Information about authors: *Ibragimov Dilshod Emomovich* – Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, Doctor of Chemical Sciences, Acting Professor of the Department of Energy Processing and Oil and Gas Service. **Address:** 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Acad. 10 Radjabovs. **E-mail:** ibrogimov_75@mail.ru. **Phone:** (+992) 905-22-44-75

Gulakhmadov Haydar Sharifovich – Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety and Ecology. **Address:** 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Acad. 10 Radjabovs. **E-mail:** h.gulahmadov@mail.ru. **Phone:** (+992) 918-70-20-81

Ibragimova Sairambi Iskandarovna – Tajik National University, candidate of biological sciences, acting assistant of the Department of Biochemistry. **Address:** 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Radak avenue, 17. **E-mail:** mash_19.87@mail.ru. **Phone:** (+992) 93-417-17-09

Zokirova Mahina Abdulafisovna – Technological University of Tajikistan, graduate of the department technology of food production. **Address:** 734061 Republic of Tajikistan, Dushanbe, st. N. Karabaeva 63/3. **E-mail:** mash_19.87@mail.ru. **Phone:** (+992) 93-417-17-09

МОДИФИКАТСИЯИ ТРИПЕПТИДИ-L-ФЕНИЛАЛАНИЛ-L-ТИРОЗИЛ-3,4-ДИОКСИФЕНИЛАЛАНИН БО 2-ХЛОРМЕТИЛОКСИРАН

Кабирзода З.О., Раҷабов С.И.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

АКТУАЛНОКИИ КОР. Дар замони муосир татқиқотчиён ба ҳосилаҳои катехоламин-норадреналин, адреналин, аз он ҷумла ба ДорҶа (3,4-диоксифенилаланин) диққати асосӣ медиҳанд [1,2,3с.79,24, 29]. Бо роҳи ба молекулаи катехоламинҳо пайвасти намудани аминокислотаҳо пептидҳо ва сафедаҳо хусусиятҳои хоси катехоламинҳо баланд бардошта мешавад. Чунин пайвастаҳоро натавонанд ҳамчун маводи муолиҷаи бемориҳои дарун истифода бурдан мумкин аст, балки ҳамчун мавод, бар зидди молекулаи катехоламин ҳам истифода бурда мешавад [4,5,6с.565, 78, 82]. Ғайр аз ин, барои омӯзиши метаболизми катехоламинҳо дар организм ва барои паст намудани миқдори гиперкатехоламинҳо дар организм низ истифода бурда мешаванд [7,8,9, 10, 11с.166, 78, 133, 92, 215].

Дар корҳои қаблӣ [12,13,14,15, 16с. 21, 56, 88, 49, 67] мо дар бораи синтез ва таҳқиқи ҳосилаҳои аминокислотагӣ-пептиди 3,4-диоксифенилаланин (ДорҶа) иттилоот дода будем. Дар ин мақолаамон бошад, иттилоот оид ба синтез ва модификатсияи трипептиди L-фе-нилаланил-L-тирозил-3,4-диокси-фенилаланин бо 2-хлорметилоксиран ва сипас дар бораи хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва биологӣ он меравад.

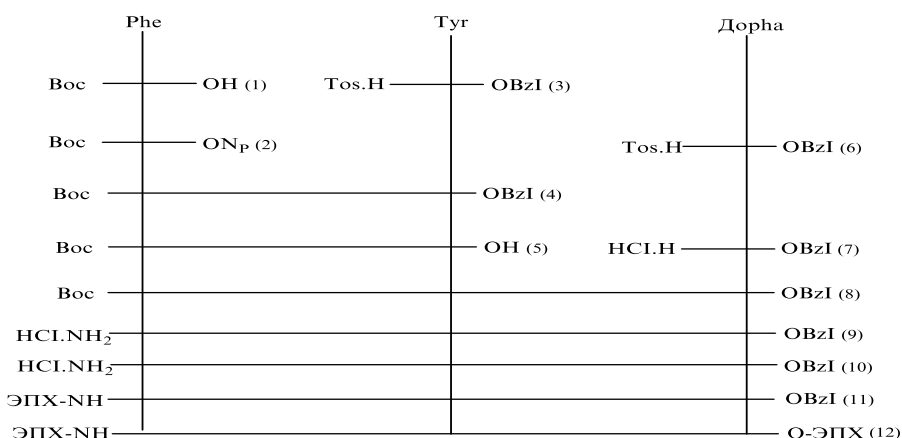
Мақсади таҳқиқотин, коркарди методикаи синтез, мукамалгардонии усулҳои синтези ҳосилаҳои нави трипептиди L-фенилаланил-L-тирозил-3,4-диокси-фенилаланин ва омӯзиши қобилияти реаксионии 2-хлор-метилоксиран аз ҳисоби ҳалқаи он, зери таъсири гурӯҳи аминӣ ва карбоксилӣ трипептиди мазкур мебошад.

Муҳокимаи таҳқиқот. Ба сифати моддаҳои аввала аз Вос-Phe-Тур-ОН истифода намудем. Дар расми 1 нақшаи синтези трипептид нишон дода шудааст. Чи хеле, ки аз нақшаи реаксия (нигаред ба расми 1) дида мешавад барои синтези дипептиди Вос-Phe-Тур-ОН (5) бояд аминогурӯҳи фенилаланинҳимоя карда шавад. Барои ин мо муҳофизаткунандаи *трет*бутилоксикарбонилро, ки аминогурӯҳро ҳимоя менамояд, интихоб намудем. Ин усул ба осони барои ҳимояи гурӯҳи NH₂-и аминокислотаҳо истифода бурда мешавад ва бо осонӣ аз муҳити реаксия дур (қанда) карда мешавад. Ба воситаи реаксияи боҳамтаъсиркунии хлориди *трет*бутилоксикарбонил ((CH₃)₃COCOCl) ва фенилаланин Вос-Phe-ОН (1) ҳосил карда шуд. Реаксия дар муҳити ишқори дар иштироки NaHCO₃ амалӣ карда шуд. Баромади маҳсули реаксия 82%-ро ташкил дод.

Расми 1. Нақшаи синтези хлоргидрати L- фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенилаланин

Рис. 1. Схема синтеза хлоргидрата L- фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенилаланина

Fig. 1. Shema sintez chlorgidrat L-Phenylalanil-L- tyrozil-3,4-dioxyphenylale



Дар инҷо: Phe-фенилаланин; Tyr-тирозин; Boc-*трет*бутилокси-карбонил; ON_p-паранитрофенил; Tos- *л*-толуолсулфонил (тозил); BzI-бензил; Dorpha-3,4-диоксифенилаланин.

Барои синтези дипептид (4) усули эфирҳои фаёлгардонидашуда аз он ҷумла эфири *p*-нитрофенил интиҳоб карда шуд (5). Дар зинаи аввал Boc-Phe-ON_p (2) гирифта шуда, дар натиҷаи таъсири он ба эфири бензили парасулфонати тирозин, дипептидҳои химоякардашуда ҳосил карда шудаанд (4). Пас онҳо дар иштироки катализатори палладий гидрогенонида шуда ва дипептид ҳосил карда мешавад. Boc-Phe-Tyr-OH (5) Boc-Phe-ON_p (2) бо усули карбодиимид синтез карда шудаанд. Ба сифати моддаи конденсатсиякунанда ДСС-дисиклогексилкарбодиимид мавриди истифода қарор гирифт. Сипас ба мо зарур омад, ки реаксияи боҳамтаъсиркунии дипептиди Boc-Phe-Tyr-OH (5) ва 3,4-диоксифенилаланинро омӯзем. Мо дар раванди реаксия якбора гурӯҳи аминиро дар Dorpha ва гурӯҳи карбоксилҳои бензилиро ба воситаи таъсири *p*-толуол кислотаи сулфонил ва спирти бензил аз Dorpha-и озод ҷудо карда, дар ҳарорати 80°C эфири бензили *N*-тозил Dorpha (6) ҳосил карда шуд. Пас аз кандани гурӯҳи тозилӣ эфири бензили хлоргидрати Dorpha ҳосил карда шуд (7). Пас аз он бо усули ангидридҳои омехта[5]ин эфир бо дипептиди Boc-Phe-Tyr-OH (5) конденсатсия карда шуд. Дар натиҷа трипептиди Boc-Phe-Tyr-Dorpha-OBzI (8) ҳосил карда шуд. Ба сифати моддаи конденсатсиякунанда изобутилхлорформиат истифода шуд. Реаксия дар иштироки *N*-метилморфолин ва HCl амалӣ карда шуд. Баромади трипептид (8) 70 %-ро ташкил дод.

Ғайр аз ин, маҳсули реаксияи конденсатсияшударо мобо мақсади ҷудо (канда) кардани гурӯҳҳои *N* (аминӣ) ва *C* (карбоксилӣ) аз моддаи ҳосилшуда мавриди омӯзиш қарор додем. Аз трипептид гурӯҳҳои карбо-*трет*-бутилоксикарбонилро (Boc) бо осонӣ бо усули гидроброминолиз (дар иштироки маҳлули 40%-и HBr) ҷудо намудем. Дар ин реаксия кислотаи сиркои яхин ҳам низ кор фармуда шуд (реаксия дар иштироки CH₃COOH раво мегузарад). Давомнокии вақти реаксия 20-25 дақиқа мебошад. Баромади маҳсули реаксия 64,7%-ро ташкил дод. Дар натиҷа эфири бензили *L*-фенилаланил-*L*-тирозил-3,4-диокси-фенилаланил (9) ҳосил карда шуд. Баромади маҳсули реаксия 75,7%-ро ташкил дод. Ҳ. гуд. 104-105°C.

Аз охири *C*-гурӯҳи (карбоксил) трипептид (9) гурӯҳи бензили (BzI) бо усули гидрогенолиз ҷудо(канда) карда шуд. Реаксия дар иштироки катализатори метали палладий гузаронида шуд. Дар натиҷа маҳсули интиҳои реаксия трипептиди хлоргидрат *L*-фенилаланил-*L*-тирозил-3,4-диоксифенилаланин (10) ҳосил карда шуд. Баромади маҳсули реаксия 74,1%-ро ташкил дод. Ҳарорати гудозишаш ба 129-131°C баробар аст.

Ба воситаи хроматографияи тунукқабат пурра ҷудо шудани гурӯҳҳои химояшуда (Boc ва BzI) ошкор шуда, тозагии пайваستاи (10) низ санҷида шуд. Қоғази тамғаи «Silufol-2241704» истифода карда шуд (ниг. ба ҷадвали 1). Ба сифати моддаи ошкоркунанда нингидрин ва буғҳои йодро истифода намудем. Ба ғайр аз ин, гурӯҳи

(NH₂)-и ди- ва трипептидҳо ба воситаи бугҳои хлор низ ошкор карда шуданд, пас аз он боз дар бензидин намоён карда шуданд. Аз сабаби он, ки дар молекулаи Дорға гурӯҳи гидроксими фенол мавҷуд аст ва онҳо ба осонӣ оксид мешаванд, синтети моддаҳое, ки ба ҳосилаҳои 3,4-диоксифенилаланин (Дорға) дахл доранд, дар муҳити ҳавои нитроген гузаронида мешаванд. Ба ғайр аз ин, ҳангоми ҳосил намудани ҳосилаҳои Дорға асбобҳо хира мешуданд. Гурӯҳи гидроксилии фенол бо усули спектрофотометрии Доти муҳофизат карда шуданд. Маҳсули реаксияе, ки баъд аз конденсатсия ва баъд аз ҷудо намудани гурӯҳи муҳофизатӣ ҳосил мешавад таҳлили элементӣ гузаронида шуд. Тозагии пайвастаҳои синтезкардашуда бо усули хроматографияи маҳинқабат санҷида шуданд.

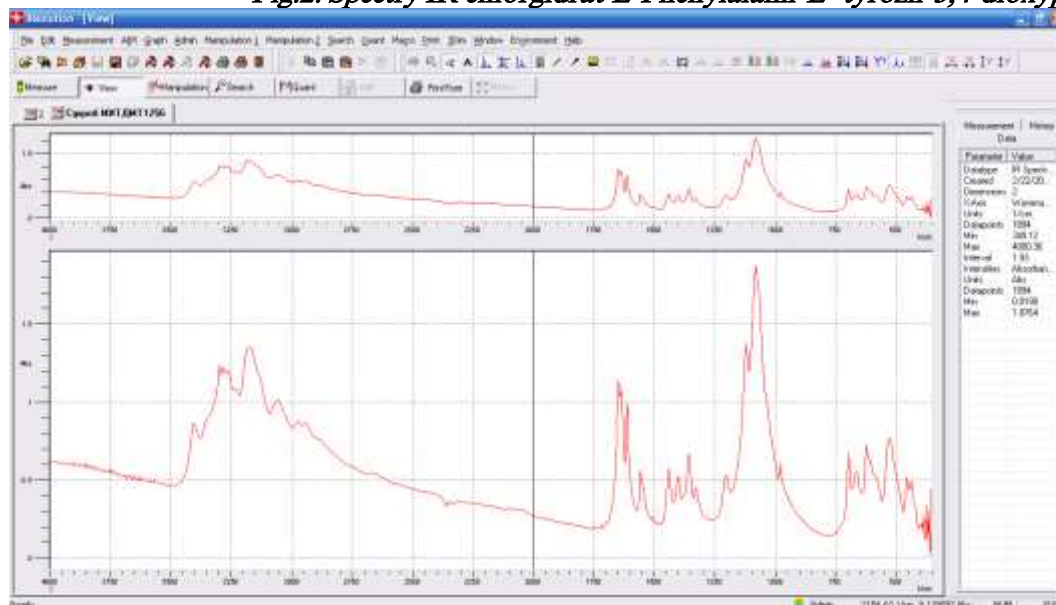
Системаҳо: А. Хлороформ-сиклогексан-метанол (70:15:15), Б. Хлороформ-метанол-этилатсетат-кислотаи сирко (9:1:3:0,3), В. Хлороформ-метанол (60:13).

Таҳқиқоти спектри инфрасурх омили гузаштани реаксияро тасдиқ карда, мавҷудати банди пептидӣ ва дигар гурӯҳҳои функционалиро дар ди- ва трипептиди синтезшуда нишон дод, ки бо пайдо шудани раҳҳо шидатноки фурӯбарӣ дар спектрҳои ҳамаи пайвастаҳо дар соҳаҳои 700 см⁻¹ баробар буда, хати нурфурӯбари ҳалқаи бензолиро ҳимоя менамояд. Дар соҳаҳои 1350 см⁻¹ лаппишҳои мавҷҳои валентии ҳалқаи бензолӣ ошкор гардиданд, яъне бандҳои химиявии C-N ва CO-NH, 1400-1470 см⁻¹ лаппишҳои банди мавҷҳои C=C ва C-H-и ҳалқаи бензолӣ мебошанд. Дар соҳаҳои 1510 см⁻¹ лаппишҳои деформатсионии NH дар CO-NH буда, 1630 см⁻¹ лаппишҳои валентии сода CO дар -CO-NH аст, 1650 см⁻¹ лаппиши валентии CO дар -O-C-NH; 2990 см⁻¹ лаппиши деформатсионии CH₂, CH – гурӯҳҳо; 3370 см⁻¹ лаппиши гурӯҳи OH озод, 3270 см⁻¹ лаппишҳои валентии гурӯҳи гидроксими OH-и ҳалқаи бензолӣ ошкор карда шуданд. Ғайр аз ин, дар соҳаҳои 750-720 см⁻¹ мавҷуд будани гурӯҳи C-Cl дар молекулаҳои таҳқиқшаванда тавсифкунандаро шарҳ медиҳад. Дар спектри инфрасурхи пайвастаҳо раҳҳои васеи фурӯбарӣ дар соҳаҳои 3250-3400 см⁻¹, ки ба лаппишҳои валенти OH-гурӯҳ дохил мешаванд ошкор гаштанд. Дар спектри инфрасурхи пайвастаҳои ҳосилкардашуда нопадидшавии лаппиши валентии NH₂-гурӯҳ дар соҳаҳои 3500-3400 см⁻¹ ва дар соҳаи 1185 см⁻¹ пайдошавии раҳи маҳсули тағйирёбии лаппишҳои валентии CH₂-NH-гурӯҳ дар соҳаҳои 3280-3300 см⁻¹ мавҷуд аст (ниг. ба расми спектри ИС-и 1).

Расми 2. Спектри ИС хлоргидрати L- фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенилаланин

Рис. 2. ИК-спектр хлоргидрата L- фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенилаланина

Fig.2. Spectry IR chlorgidrat L-Phenylalanil-L- tyrozil-3,4-dioxyphenylale



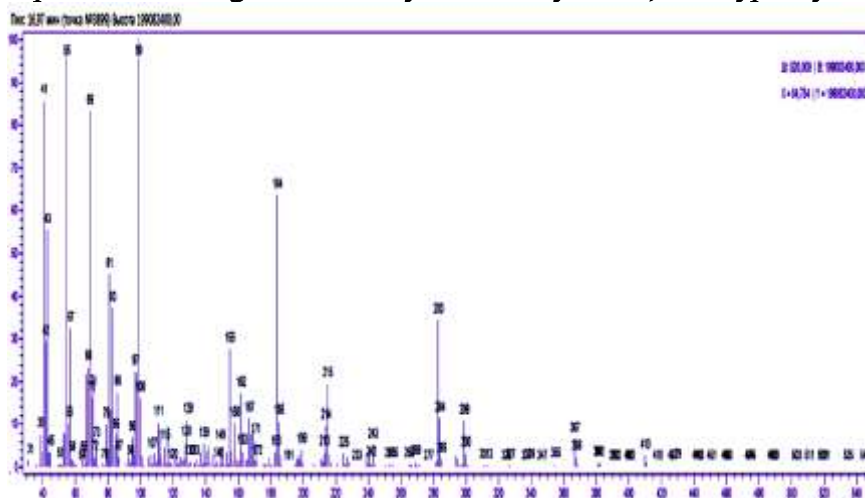
Ҳангоми таҳлили масс-спектри пайвастаи хлоргидрат L-фенил-аланил-L-тирозил-3,4-диоксифенилаланин (10), ба ғайр аз массаи асосӣ ба миқдори каме массаи

иловагӣ M^+ 367.8 m/z = (100 %), m/z = 283.8 (93.79 %), m/z = 184.8 (9.77 %), m/z = 156.8 (10.18 %) ва m/z = 81.8 (3.16 %) ошкор карда шуданд (расми 2).

Расми 3. Масс-спектри хлоргидрати L- фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенилаланин

Рисунок 3. Масс-спектр хлоргидрата L- фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенилаланина

Picture3. Mass spectrum of the hydrochloride of L-Phenylalanine-L-tyrosine-3,4-dioxyphenylalanine



Хосиятҳои физикӣ-химиявӣ ва собитҳои муҳими пайвастаҳои синтезкардашуда дар ҷадвали 1 нишон дода шудааст.

Ҳамин тариқ дар мақолаи мазкур қоркарди методикаи синтези ҳосилаҳои нави трипептиди L-фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенил-аланин дар асоси 2-хлорметилоксиран оварда шудааст, инчунин таҳқиқи хосиятҳои физикӣ-химиявӣ, омӯзиши қонуниятҳои таҷзияи онҳо дар зери зарбаи электронӣ ва тасдиқ намудани сохт, таркиб ва тозагии ин моддаҳо бо ёрии спектрҳои ИС, Масс, хроматографияи маҳинқабат ва таҳлили элементӣ мавриди таҳқиқ қарор гирифта шудааст.

Ҷадвали 1. Собитҳои физикӣ-химиявӣ муҳими пайвастаҳои синтезкарда

Таблица 1. Важнейшие физико-химические константы синтезированные соединения

Table 1. The most important physical and chemical constants synthesis compound

№т /р	Номи пайвастаҳо	Бруто-формула	Тавли д бо %	X, гуд., °C	R _f *			%N Ёфта шуда	%N муайян к- шуда
					А	Б	В		
1.	Вос-Phe-OH	C ₁₄ H ₁₉ O ₄ N	82.5	146-147	0.56	0.52	0.48	-	-
2.	Вос-Phe-ONP	C ₂₀ H ₂₂ O ₆ N ₂	84.9	127-128	0.47	0.49	0.56	-	-
3.	Tos:H-Tyr-OBZI	C ₂₃ H ₂₄ O ₆ NS	81.8	178-180	0.36	0.41	0.50	-	-
4.	Вос-Phe-Tyr-OBZI	C ₃₀ H ₃₄ O ₆ N ₂	62.1	131-133	0.66	0.89	0.71	-	-
5.	Вос-Phe-Tyr-OH	C ₂₃ H ₂₈ O ₆ N ₂	87.2	91-93	0.55	0.67	0.69	-	-
6.	Tos:H-Dopha-OBZI	C ₂₃ H ₂₄ O ₇ NS	45.9	127-128	-	0.62	0.32	-	-
7.	HCl:H-Dopha-OBZI	C ₁₆ H ₁₈ O ₄ NCI	94.3	63-65 аморф	0.82	0.72	0.61	-	-
8.	Вос-Phe-Tyr-Dopha-OBZI	C ₃₉ H ₄₃ O ₉ N ₃	70.0	55-58 аморф	0.81	0.79	0.84	-	-
9.	HCl:H-Phe-Tyr-Dopha-OBZI	C ₃₄ H ₃₆ O ₇ N ₃ CI	75.7	104-105	0.59	0.70	0.77	-	-
10.	HCl:H-Phe-Tyr-Dopha- OH	C ₂₇ H ₃₀ O ₇ N ₃ CI	74.1	129-131	0.67	0.69	0.71	7.79	7.72
11.	1-хлор-3-Phe-Tyr-Dopha-пропан-2-ол	C ₃₀ H ₃₅ O ₈ N ₃ CI	65.6	113 -114	0.77	0.81	0.71	8.67	8.60
12.	1,3-дихлор-3-Phe-Tyr-Dopha-пропан-2,2-диол	C ₆₀ H ₇₀ O ₁₆ N ₃ Cl ₂	69.3	220 -223	0.72	0.69	0.62	11.58	11.51

Қисми таҷрибавӣ

Синтези Вос-Phe-OH (1). Дар колбаи 200мл 7.2 г фенилаланил ва 30 мл NaOH-и 1N омехта намуда, сипас 1.5 г NaHCO₃ ва 30 мл бутаноли сеюма гирифта, бо омехтакунаки магнитӣ омехта намудем. Баъдан ба он 6.5 г ди-третбутилоксикарбонил илова намуда, боз омехтакуниро 2-соат давом додем. Реаксия дар ҳарорати мӯътадил (хона) мегузарад. Пас аз он ба воситаи дастгоҳи ротори буғронӣ бутаноли сеюма ва об (буғронӣ) чудо карда шуд. Боқимондаашро дар 50мл об ҳал намуда, ба воситаи гексан (3×30мл) экстраксия намудем. Ба экстракти ҳосилшуда то pH = 3 шудан кислотаи лиму илова намуда ва бо этилатсетат (5×20 мл) экстраксия карда, қабати этилатсетатиро бо об шуста, дар эксикатор дар болои Na₂SO₄ хушк намудем.

Дар дастгоҳи ротори буғронӣ этилатсетат (буғронӣ) чудо карда шуд. Аз спирт чудо карда бо эфир хушк кардем. Тавлид: 8.85г буда, баромади реаксия (82.5% назариявӣ)-ро ташкил медиҳад. Нук., гудоziш=146-147°C. R_f=0.56 (A) R_f=0.52 (B) R_f=0.48 (B).

Синтези Вос-Phe-ONp (2). 3г Вос-Phe-OH гирифта дар этилатсетат ҳал намудем. Омехта карда истода, 1.8г п-нитрофенолро (HONp) илова намуда, муҳити реаксияро то -20 °C хунук мекунем. Пас 4.2мл ДСС (дисиклогексикарбодиимид) мегирем, кион (ДСС) дар 20мл этилатсетат (CH₃COOC₂H₅) ҳал карда шудааст ва онро илова мекунем. Дар муддати як шабонарӯз дар ҳарорати 20°C нигоҳ медорем. Пас аз он дар ҳарорати мӯътадил 3 соат омехта мекунем. Таҳшони ҳосилшудаи ДСГМ-ро филтр мекунем, филтроти ҳосилшударо буғронӣ намуда ва онро аз нав боз дар изопропанол ҳал менамоем ва ба воситаи гексан таҳшин мекунем. Кристаллҳои ҳосилшударо филтр намуда, бо омехтаи изопропанол ва гексан таҳшонро мешуем (1:2 мл). Маҳсули реаксияи ҳосилшударо кристаллизатсия карда, аз метанол чудо менамоем. Кристаллҳои ҳосилшударо дар филтри Шотт филтр намуда, дар эксикатор бе ҳаво хушк менамоем. Тавлид: 4.9г буда, (84.9% назариявӣ)-ро ташкил медиҳад. Нук., гудоziш=146-147°C. R_f=0.47; (A) R_f=0.49; (B) R_f=0.56; (B).

Синтези эфири бензили п-толуолсулфонати тирозин (3). Ба колбаи дуқироаҳаҷмаш 500мл 18.8 г (0.25 мол) тирозин, 48.5 г (0.25мол) п-толуолсулфокислотаро гирифта, дар 100мл спирти бензил ва 50 мл бензолро гирифта мечӯшонем ва бо буғронии азеотропӣ (омехтаҳои моеъгӣ ва буғӣ) гузаронида мешаванд. Буғронии обро дар асбоби Дин-Старка гузаронида мешавад. Баъд аз чӯшонидан маҳлули шаффоф ҳосил мешавад, сипас аз он то 9 мл мондани маҳсули буғронӣ қатъ карда мешавад. То ҳарорати мӯътадил омехтаҳои реаксиониро хунук карда ва ба он 50мл эфир илова карда мешавад. Дар ҳарорати 0 °C омехтаро 2 соат нигоҳ дошта, таҳшони кристаллии ҳосилшударо эфири бензили п-толуолсулфонати тирозинро филтр мекунем. Баъд аз ин бо эфири мутлақ кристаллизатсия карда мешавад. Сипас маҳсули реаксияро аз омехтаи метанол ва эфир чудо мекунем. Тавлид: 81.8%-ро ташкил медиҳад. Нук., гудоziш=178-180°C. R_f=0.36; (A) R_f=0.41; (B) R_f=0.50; (B).

Синтези Вос-Phe-Tyr-O-BZI (4). 0.673г Вос-Phe-ONp-ро дар 10 мл ДМФА ҳал карда ва ҳангоми омехтакунӣ 0.9625г эфири бензилии паратолуолсулфонат илова менамоем. Баъд аз ин боз ба омехтаи реаксия 0.405мл N-метилморфолин илова карда дар муддати 48 соат омехта-куниро давом медиҳем, ҳарорат бояд мӯътадил (ҳарорати хона) бошад. Пас ҳалкунандаро то хушк шудани ДМФА буғронӣ мекунам. Омехтаи реаксияро дар этилатсетат ҳал карда ва ду маротиба бо об мешуем. Ғайр аз ин бо NaHCO₃-и 0.5н се маротибаи дигар низ шуста мешавад. Пас то муҳити нейтралӣ боз об мешуем, қабати этилатсетатиро бо изопропанол хушк намуда, бо гексан кристаллизатсия менамоем. Тавлид: 0.449 г (62.1% назариявӣ). Нук., гудоziш=131-133°C. R_f=0.66; (A) R_f=0.89; (B) R_f=0.71; (B).

Синтези Вос-Phe-Tyr-OH (5). Дар 10 мл спирти метанол 0.5г Вос-Phe-Tyr-BzI-ро ҳал карда ва 1мл кислотаи атсетати 50% илова менамоем. Пас катализатори палладий илова карда, дар муддати 3 соат омехта мекунем, яқбора гидроген дохил

мекунем. Баъди ба охир расидани реаксия (рафти реаксия ва анҷом ёфтани реаксияро бо усули хроматографияи маҳинқабат санчида шуд) филтр мекунем. Дар дастгоҳи бугронии роторӣ филтрат бугроникарда мешавад. Бугронӣ бе иштироки ҳаво дар вакуум гузаронида мешавад. Тавлид:0.370г (87.2% назариявӣ). Нук., гудозиш=91-93°C. $R_f=0.57$, (А) $R_f=0.67$, (Б) $R_f=0.69$ (В).

Синтези эфири Дорһа (эфири бензили п-толуолсулфонат) (6). Дар колбаи дукироъа ҳаҷмаш 500 мл 1.97г Дорһава 1.72г п-толуолсулфо-кислотаро мегирем. Омехтаро дар асбоби Дин-Старка бо усули азеотропӣ чӯшонидани, баъди чӯшидани омехта маҳлули шаффоф ҳосил мешавад, баъд аз ба охир расидани бугронии об омехтаи реаксияро дар ҳарорати муътадил (дар ҳарорати хона) хунук менамоем, то ҳарорати 0°C. Сипас ба ин омехта 500 мл эфир илова намуда, муддати 2 соат нигоҳ медорем. Таҳшони кристаллии эфири бензили п-толуолсулфокислотаро (Дорһа) филтр менамоем. Пас онро бо омехтаи метанол ва эфир кристаллизатсия намуда ҷудо менамоем. Тавлид:1.7г (45.9% назариявӣ). Нук., гудозиш=127-128°C. $R_f=0.62$: (А) $R_f=0.32$: (Б).

Синтези НСІ.Н-Дорһа-О-BzI (7). 1г эфири п-толуолсулфонатро дар 8мл хлороформ омехта карда, бо маҳлули 50%-и сода мешӯем, то ин ки муҳити маҳлул то $pH=7$ шавад. Пас аз он маҳлули хлороформ доштаро дар эксикатор бо истифода аз Na_2SO_4 (дар болои Na_2SO_4) муддати 4 соат хушк мекунем. Пас аз он филтр карда, маҳлули хлороформ доштаро бугронӣ менамоем. Баъдан 3мл маҳлули эфирии НСІ-и 3н илова карда, массаи реаксионӣ хунук карда шуда, онгоҳ кристаллҳо таҳшин мешаванд. Тавлид: 0.71г (94.3% назариявӣ). Нук., гудозиш (амморф). $R_f=0.82$: (А) $R_f=0.72$: (Б) $R_f=0.61$: (В).

Синтези Вос-Phe-Туг-Дорһа-О-BzI (8). Дар 2 мл ДМФА 0.422г Вос-Phe-Туг-ОН-ро ҳал карда, баъд аз хунук шудани омехтаи реаксионӣ ба он 0.18 мл метилморфолин ва 0.15мл изобутилхлорформиат илова менамоем. Дар колбаи дигар 0.28г НСІ:Н-Дорһа-О-BzI-ро дар 4 мл ДМФА ҳал карда ва 0.15мл N-метилморфолин илова менамоем. Омехтаи реаксиониро мунтазам ва бошиддат омехта карда то - 28°C хунук менамоем. Аз байни маҳсули реаксионӣ гази нитроген гузаронида мешавад. Пас омехтакуниро давом дода, маҳсули реаксиониро як шабонарӯз нигоҳ медорем. Рӯзи дигар ба маҳсули реаксионӣ 2мл маҳлули 50%-и кислотаи сиркоро илова карда, сипас дар дастгоҳи роторӣ бугронӣ менамоем. Пас аз ин маҳсули ҳосилшудаи реаксиониро дар этилатсетат ҳал карда, экстраксия менамоем. Маҳлули этилатсетатиро бугронӣ мекунем. Тавлид:0.36 г (70% назариявӣ). Нук., гудозиш=55-58°C (амморф). $R_f=0.81$: (А) $R_f=0.79$: (Б) $R_f=0.81$: (В).

Синтези эфири бензили хлоргидрат-Phe-Туг-Дорһа (9). 1.3 г омехтаи эфири бензил Вос-Phe-Туг-Дорһа-ро (8), ки дар 14мл спирти этил гирифта шудааст бо 15.5мл маҳлули 1нНСІкоркард намуда, дар муддати 36 соат дар ҳарорати хона нигоҳ дошта мешавад. Пас аз он омехтаи реаксияро то 0° хунук мекунем. Ба маҳсулоти дар колба буда, 50мл эфири диэтили мутлақ илова карда, дар филтри Шотт таҳшони ҳосилшударо филтр мекунем ва якчанд маротиба бо эфири хушк мешӯем. Тавлид:0.9 г (75.7 % назариявӣ). Нук., гудозиш=104-105°C, $R_f=0.59$: (А) $R_f=0.70$: (Б) $R_f=0.77$: (В).

Синтези хлоргидрати фенилаланил-тирозил-Дорһа (10). Синтез бо усули методикаи (5) монанд, гузаронида мешавад. 1г эфири бензили хлоргидрат-Phe-Туг-Дорһа (9) гирифта мешавад. Тавлид:0.63 г (74.1% назариявӣ) хлоргидрати Phe-Туг-Дорһа (10). Нук., гудозиш=129-131°C, $R_f=0.67$: (А) $R_f=0.69$: (Б) $R_f=0.71$: (В).

Синтези 1-хлор-3-Phe-Туг-Дорһа-пропан-2-ол(11). Ба колбаи секироа(седаҳона), ки бо хунуккунаки баргарданда ва омехтакунаки механикӣ таҷҳизонида шудааст, 2.09 грамм (0.01 молл) хлоргидрати Phe-Туг-Дорһа (10) дар 15мл ҳалқунандаи 1.4-диоксани мутлақ омехта намуда пурра ҳал намудем. Баъд аз ҳалшавӣ, ҳароратро то 30-35°C баланд бардошта, ба воситаи қифи чакрагӣ 0.78 мл (0.01 молл) 2-хлор-метилоксиранро қатра-қатра ҷаконида, равандро то муддати 5-5.5 соат давом додем. Сипас омехтаи реаксиониро як шабонарӯз нигоҳ доштем. Рӯзи дигар бошад ба воситаи насоси вакууми бугронӣ намуда, моддаи сафеди кристалӣ

ҳосил намудем. Моддаи ҳосилкардашударо бо 15 мл бензоли мутлақ ва бо изопропанол перекристаллизатсия (табаллур) намудем. Тавлид: 1.95 грамм (65.6 % аз назариявӣ); Нук., гудозиш = 113-114 °С; $R_f = 0.77$ (А); $R_f = 0.81$ (Б); $R_f = 0.71$ (В).

Синтези 1,3-дихлор-3-Phe-Тур-Дорфа-пропан-2,2-диол (12). Ба методикаи (11) монанд: боҳамтаъсиркунии 2-хлорметилоксиран бо Phe-Тур-Дорфа-ОН гузаронида шуда, пайвастаи (12) ҳосил карда шуд. Тавлид: 1.95 грамм (69.3 % аз назариявӣ); Нук., гудозиш = 220-223 °С;

$R_f = 0.72$ (А); $R_f = 0.69$ (Б); $R_f = 0.62$ (В).

АДАБИЁТ

1. BirkmeyerWalther. Биохимия поведения животных //MedUnze//1979. Т.3, №3.- С. 79-83.
2. Мирзорохимов, К.К. Синтез и изучение трипептидов, включающих норадреналин и 3,4-диоксифенилаланина/К.К. Мирзорохимов, Т.Ю.Юсупов, С.П. Смотров// Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Технологического университета Таджикистана.-Душанбе,1996.-С.24-26.
3. Мирзорохимов, К.К. Получения специфических антител к глицил-глицин 3,4-диоксифенилаланин /К.К. Мирзорохимов, Т.Ю.Юсупов, С.П. Смотров// Материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Технологического университета Таджикистана. -Душанбе 1999.-С.29-61.
4. Раҷабов, С.И. Синтези ҳосилаҳои нави аминокислотагии эпихлоргидрин бо фуллерен C₆₀. /С.Х.Одинаев, А.А.Гулов, С.Э. Асоев, М.Б.Каримов// Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ баҳшида ба ҷашни «25-солагии Истиклолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон». Душанбе -2016. Саҳ. 565-566.
5. Юсупов, Т.Ю. Синтез и модификации ди-и трипептидов с 3,4-диоксифенилаланином/ Т.Ю.Юсупов, К.К.Мирзорохимов, М.Б. Каримов, С.И. Раҷабов// Вестник национального Университета (научный журнал) №3, Душанбе-2005. С.78-82.
6. Гринштейн, Дж. Виниц М. –Химия аминокислот и пептидов,-М; «Мир»-1965.С.78-82.
7. Doty I. Dotyг readet // Anal. Chem. –Val. 20.-P.166.
8. Никаниси К. «Инфракрасные спектры и строение органических соединений», М.-«Мир».-1965.С.78-82.
9. Verlander, M.S. Some novel approachts to the design and synthesis of peptide-catecholamine conjugates. /M.S. Verlander,A.K. Jacobson, R.P. Pazenkranz, K.L. Melmon, M. Coodman//Biopolymeris 1983. Vol.22.-P.531-545.
10. Miwa, A. Preparation of a specific antibodies to catecholamins and L-3,4-dihydroxyphenylalanine. Preparation of the conjugates /A.Miwa, M.Yoshioka, A.Shirihata, Z.Tamuna // Chem Pharm Bull., 1997, vol 25.- P. 1904-1910.
11. Anderson, G.W. Reinvestigation of the mix carbonic anhydride method of peptide synthesis / G.W. Anderson,J.E. Zimmeran, F.M. Gallahan // J. Am.Chem. Soc. -1967, vol. 89.-P. 5012-5017.
12. Кабирзода, З.О. Синтез трипептида- Ala-Ala-Phe и его конденсация с 3,4-диоксифенилаланином /З.О. Кабирзода, С.И. Раҷабов// Башкирский химический журнал. – Уфа, 2019. Том 34. №1 – С. 117-123.
13. Кабирзода, З.О. Синтез и исследование трипептида-l-фенилаланил-l-тирозил-3,4-диоксифенилаланина (Дорфа) /З.О.Кабирзода, С.И. Раҷабов// Башкирский химический журнал. – Уфа, 2019. Том 35. №2 – С. 177-183.
14. Кабирзода, З.О. Синтез и исследование продуктов взаимодействия эпихлоргидрина с некоторых пептидами /З.О. Кабирзода, С.И. Раҷабов// Вестник Дангаринского государственного университета. (научный журнал) №4. -Дангара, 2019. - С. 19-22.
15. Кабирзода, З.О. Синтез и взаимодействие ди- и трипептидов с диоксифенилаланином /З.О. Кабирзода, С.И. Раҷабов,Т.Ю. Юсупов// Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-амалӣ баҳшида ба даҳсолаи байналмилалӣ амал “Об барои рушди устувор, солҳои 2018-2028”, “80-солагии Юсуфов Тилло Юсуфович” дар мавзӯи: “Синтези ҳосилаҳои нави глитсеринӣ аз ҷиҳати биологӣ ғайр дар асоси аминокислотаҳо, пептидҳо ва фуллерен C₆₀” (28-29 июни с. 2018). Душанбе, 2018. С.-133-135.
16. Кабирзода, З.О. Омӯзиши ҳосилаҳои аминокислотагии норадреналин бо эпихлоргидрин /О.З. Кабирзода, С.И. Раҷабов // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ-назариявии ҳайати устодону кормандони ДМТ баҳшида ба даҳсолаи байналмилалӣ амал “Об барои рушди устувор, солҳои 2018-2028”, “Солҳои рушди дехот, сайёҳӣ ва хунаҳои мардумӣ (солҳои 2019-2021)”, “140-солагии қаҳрамони Тоҷикистон Садриддин Айни” ва “70-солагии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон” (20-27-уми апрели соли 2018) Ҷилди I. Душанбе, 2018. С.-92-93.
17. Кабирзода, З.О. Синтез трипептида- Ala-Ala-Phe и его конденсация с 3,4-диоксифенилаланином /З.О. Кабирзода, С.И. Раҷабов// Республиканская научно-практическая конференция (с международным участием) на тему«Применение инновационных технологий а преподавании

естественных дисциплин СОШ и ВУЗ» и «Иновация в преподавании естественных наук», посвященной 150-летию периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева (11-12 октября 2019 г.) Душанбе, 2019. С-215-216.

REFERENCES LITERATURE

1. Birkmeyer Walther. Biochemistry of animal behavior // *Med Unzez* // - 1979. Vol.3, №3.- P. 79-83.
1. 2.Mirzorahimov, K.K. Synthesis and study of tripeptides, including norepinephrine and 3,4-dioxyphenylalanine / K.K. Mirzorahimov, T.Yu. Yusupov. S.P. Smatrov // Proceedings of the scientific-practical conference of the teaching staff of the Technological University of Tajikistan. –Dushanbe, 1996.-P.24-26.
2. 3.Mirzorahimov, K.K. Acquisition of specific antibodies to glycyl-glycine 3,4-dioxyphenylalanine / K.K. Mirzorahimov, T.Yu. Yusupov, S.P. Smatrov // Proceedings of the scientific-practical conference of the teaching staff of the Technological University of Tajikistan. - Dushanbe 1999.-P.29-61.
3. 4.Rajabov, S.I. Synthesis of new amino acid epichlorohydrin with fullerene C60. / Odinaev S.H, Gulov A.A, Asoev S.E, Karimov M.B // Materials of the republican scientific-theoretical conference of the faculty and staff of the TNU dedicated to the 25th anniversary of the State Independence of the Republic of Tajikistan. Monday -2016. P. 565-566.
4. 5.Yusupov, T.Yu. Synthesis and modification of di- and tripeptides with 3,4-dioxyphenylalanine / T.Yu. Yusupov. K.K. Mirzorahimov, M.B. Karimov., S.I. Rajabov // Bulletin of the National University (scientific journal) №3, Dushanbe-2005. P.78-82.
5. 6.Greenshit J. Vinic M. –Chemistry of amino acids and peptides, -M; "Peace" -1965. P.78-82.
6. Doty I. Dotyr readet // *Anal. Chem.* –Val. 20.-P.166.
7. 8.Nikanisi K. "Infrared spectra and the structure of organic compounds", M.- "Peace" .- 1965. P.78-82.
8. 9.Kabirzoda, Z.O. Synthesis and interaction of di- and tripeptides with dioxyphenylalanine /Z.O. Kabirzoda., S.I. Rajabov., T.Yu. Yusupov // Proceedings of the Republican scientific-practical conference dedicated to the International Decade for Action "Water for Sustainable Development, 2018-2028", "80th anniversary of Yusufov Tillo Yusufovich" on the topic: "Synthesis of new biologically active glycerin products based on amino acids, peptides and fullerene C60 "(June 28-29, 2018). Monday, 2018. P. 531-545.
9. 10.Kabirzoda, Z.O. Study of amino acid derivatives of norepinephrine with epichlorohydrin /Z.O. Kabirzoda., S.I. Rajabov// Proceedings of the Republican scientific-theoretical conference of faculty and staff of the TNU dedicated to the International Decade for Action "Water for Sustainable Development, 2018-2028", "Years of rural development, tourism and folk crafts (2019-2021)", "140- Anniversary of the Hero of Tajikistan Sadridin Aini "and" 70th Anniversary of the Tajik National University "(April 20-27, 2018) Volume I. Dushanbe, 2018. P. 1904-1910.
10. 11.Kabirzoda, Z.O. / Synthesis of tripeptide- Ala-Ala-Phe and its condensation with 3,4-dioxyphenylalanine /Z.O. Kabirzoda., S.I. Rajabov // Republican scientific-practical conference (with international participation) on the topic "Application of innovative technologies and teaching of natural disciplines in schools and universities" and "Innovation in the teaching of natural sciences", dedicated to D. Mendeleev (October 11-12, 2019) Monday, 2019. P-5012-5017.
11. 12.Kabirzoda, Z.O. Synthesis of tripeptide- Ala-Ala-Phe and its condensation with 3,4-dioxyphenylalanine /Z.O. Kabirzoda., S.I. Rajabov // Bashkir chemical magazine. - Ufa, 2019. Volume 34. №1 - P. 117-123.
12. 13.Kabirzoda, Z.O. Synthesis and study of tripeptide-l-phenylalanyl-l-tyrosil-3,4-dioxyphenylalanine (Dopha) /Z.O. Kabirzoda, S.I. Rajabov // Bashkir chemical magazine. - Ufa, 2019. Volume 35. №2 - P. 177-183.
13. 14.Kabirzoda, Z.O. Synthesis and research of products of interaction of epichlorohydrin with some peptides /Z.O. Kabirzoda, S.I. Rajabov // Bulletin of Dangar State University. (scientific journal) №4. -Dangara, 2019. - P. 19-22.
14. Kabirzoda, Z.O. Synthesis and interaction of di- and tripeptides with dioxyphenylalanine /OZ Kabirzoda., IS Rajabov., T.Yu. Yusupov // Proceedings of the Republican scientific-practical conference dedicated to the International Decade for Action "Water for Sustainable Development, 2018-2028", "80th anniversary of Yusufov Tillo Yusufovich" on the topic: "Synthesis of new biologically active glycerin derivatives based on amino acids, peptides and fullerene C60 "(June 28-29, 2018). Monday, 2018. pp. 133-135.
15. Kabirzoda, Z.O. Study of amino acid derivatives of norepinephrine with epichlorohydrin /Z.O. Kabirzoda, S.I. Rajabov // Proceedings of the Republican scientific-theoretical conference of faculty and staff of the TNU dedicated to the International Decade for Action "Water for Sustainable Development, 2018-2028", "Years of rural development, tourism and folk crafts (2019-2021)", "140- Anniversary of the Hero of Tajikistan Sadridin Aini "and" 70th Anniversary of the Tajik National University "(April 20-27, 2018) Volume I. Dushanbe, 2018. P. 92-93.
16. Kabirzoda, Z.O. Synthesis of tripeptide- Ala-Ala-Phe and its condensation with 3,4-dioxyphenylalanine /Z.O. Kabirzoda., S.I. Rajabov // Republican scientific-practical conference (with international participation) on the topic "Application of innovative technologies and teaching of natural disciplines in schools and universities" and "Innovation in the teaching of natural sciences", dedicated to D. Mendeleev (October 11-12, 2019) Monday, 2019. P-215-216.

МОДИФИКАЦИЯ ТРИПЕПТИДИ-L-ФЕНИЛАЛАНИЛ-L-ТИРОЗИЛ-3,4-ДИОКСИФЕНИЛАЛАНИН БО 2-ХЛОРМЕТИЛОКСИРАН

Хангоми омӯзиши равандҳои биохимиявӣ дар табиати зинда, таҳқиқоти нави биологӣ ва физиологии пайвастаҳои фаъол аҳамияти калон дорад. Дар байни чунин пайвастаҳо диққати махсус ба пайвастаҳое, ки дар асоси катехоламинҳо ҳосил шудааст, дода мешавад. Ин диққат ба он равона шудааст, ки дар замони ҳозира аҳамияти катехоламинҳо дар организмҳои зинда хеле хуб маълум шудааст, аммо тиб ба доруворихои наво, ки имконияти ташхис ва табобати касалиҳои дилу раг ва вайроншавии системаи гормонии мунтазамродорад, эҳтиёҷ дорад. Ба ғайр аз ин фаъолияти баланди доруворихое, ки дар таркибашон гуруҳи гидроксилӣ ва аминӣ доранд ошкор карда шудааст. Аллакай қатори чунин пайвастаҳо ҳосил карда шудааст, ки воқеъан омӯхта шудааст ё ин ки омӯзиши онҳо идома дорад. Катехоламинҳо, асосан адреналин ва норадреналин ки аз ҳама бештар аҷиб аст, дар организм дар ҳуҷайраҳои мағзии қабати ғадуди болои гурдаҳо ва бофтаҳои асаб ҳосил мешавад. Дар одамони калонсол адреналин тақрибан 10 маротиба зиёд нисбат ба норадреналин ҳосил мешавад. Ҳар яке аз ин гормонҳо дар ҳуҷайраҳои нави муайян нигоҳ дошта мешавад, ғайр аз ин адреналин аз норадреналин ҳосил мешавад ва концентратсияи он дар организм аз тарашшӯхи (секресия) норадреналин вобаста аст. Адреналин асосан дар ғадуди болои гурдаҳо ҳосил мешавад, норадреналин бошад дар ҳамаи системаи эҳсосии асабҳо дида мешавад, эҳтимолан барои он ки системаи асаб қобилият дорад ҳаракати адреналинро маҳкам кунад. Дар ҳолати ҳайҷон (стресс) дар организм миқдори катехоламинҳо якбора зиёд мешавад, аз он чумла норадреналин. Бинобар ин имконияти пеш аз мӯҳлат ташхис намудани бемориҳои дилу раг аз он чумла инфаркти миокард (сактаи қалб) пайдо гардид. Вазифаи муҳими химияи органикӣ ва биоорганикии муосир, тағйирёбии моддаҳои фаъоли биологӣ, ки алақай маълум аст бо мақсади паст намудани захрнокии онҳо, баланд бардоштани таъсири фоидабахшии онҳо, беҳтар намудани хусусияти онҳо ба ҳисоб меравад. Диққати махсус ба ҳосилаҳои аминокислотагӣ-пептидӣ дода мешавад, зеро ки пеш аз ҳама онҳо ба таъсири гузаронандагии моддаҳои фаъоли биологӣ мусоидат менамоянд. Аз ин рӯ дар мақола роҳҳои синтези ҳосилаи нави Дорна, бо ҳосилшавии трипептиди-L-фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенил-аланин бо 2-хлорметилноксирани мавриди муҳокима қарор гирифта шудааст. Натиҷаи таҳқиқотҳои гузаронидашуда, аз чумла таркиб ва сохти моддаҳои аввала ва трипептиди дилхоҳ бо методҳои физикӣ-химиявӣ таҳлил карда шуда, муайян карда шудааст.

Калидвожаҳо: омӯзиш, реаксия, боҳамтаъсиркунӣ, синтез, катехоламинҳо, адреналин, норадреналин, трипептид, L-фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенил-аланин, 2-хлорметилноксирани.

МОДИФИКАЦИЯ ТРИПЕПТИДА-L-ФЕНИЛАЛАНИЛ-L-ТИРОЗИЛ-3,4-ДИОКСИФЕНИЛАЛАНИНА С 2-ХЛОРМЕТИЛОКСИРАНОМ

При изучении биохимических процессов в живой природе большое значение имеют исследования новых синтетических биологически и физиологически активных соединений. Среди таких веществ определенный интерес представляют продукты, получаемые на основе катехоламинов. Этот интерес вызван тем, что в настоящее время довольно хорошо известна роль катехоламинов в живых организмах, а также тем, что медицина нуждается в новых препаратах, позволяющих решить проблемы диагностики и лечение сердечно – сосудистых заболеваний, и нарушений системы гормональной регуляции. Кроме того, выявлена высокая активность препаратов, имеющих в своем составе гидроксильную и аминную группы. Уже получен ряд таких продуктов, действие которых изучено или изучается. Катехоламины, в основном адреналин и норадреналин, которые являются самыми необычными, вырабатываются в организме в клетках надпочечников мозговым веществом и нервными тканями. У взрослых людей адреналин образуется примерно в 10 раз больше, чем норадреналин. Каждый из этих гормонов хранится в клетках определенного типа, кроме того адреналин вырабатывается из норадреналина, а его концентрация в организме зависит от секреции норадреналина. Адреналин вырабатывается в основном надпочечниками, в то время как норадреналин содержится во всей симпатической нервной системе, вероятно потому, что нервная система способна блокировать действие адреналина. При стрессе резко увеличивается содержание катехоламинов в организме, в том числе норадреналина. Следовательно, есть возможность ранней диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе инфаркта миокарда (сердечного приступа). Важность задачи современной биорганической химии является модификация уже известной биологически активных соединений с целью снижения их токсичности, повышения эффективности действия, улучшения специфичности. Особый интерес вызывают аминокислотные и пептидные производные, так как они способствуют проникновению действия биологически активных соединений. Поэтому в статье обсуждается синтез нового производного Дорна с образованием трипептида-L-фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенилаланина с 2-хлорметилноксирани. Результаты исследования, включая состав и структуру исходного материала и желаемого трипептида, были проанализированы и определены физико-химическими методами.

Ключевые слова: изучение, реакция, взаимодействие, синтез, катехоламины, адреналин, норадреналин, трипептид, L-фенилаланил-L-тирозил-3,4-диоксифенил-аланин, 2-хлорметилноксирани.

MODIFICATION TRIPEPTIDIDE-L-PHENYLALANIL-L- TYROZIL-3,4-DIOXYPHENYLALANINE WITH 2-CHLORMETHYLOXYRAN

New biological and physiological studies of active compounds are of great importance in the study of biochemical processes in living nature. Among such compounds, special attention is paid to compounds formed on the basis of catecholamines. This emphasis is on the fact that the importance of catecholamines in living organisms is now well known, but medicine needs new drugs that can diagnose and treat cardiovascular disease and disorders of the hormonal system on a regular basis. In addition, high activity of drugs containing hydroxyl and amine groups was revealed. A number of such connections have already been identified that have actually been studied or are being studied. Catecholamines, mainly adrenaline and noradrenaline, which are the most bizarre, are produced in the body in the brain cells of the adrenal cortex above the kidneys and nerve tissues. Adults produce about 10 times more adrenaline than noradrenaline. Each of these hormones is stored in cells of a certain type, in addition to adrenaline is produced from norepinephrine, and its concentration in the body depends on the secretion of norepinephrine. Adrenaline is produced mainly in the adrenal glands, while norepinephrine is found in the entire nervous system, presumably because the nervous system has the ability to block the movement of adrenaline. In recent years, it has been shown that in the case of stress, the amount of catecholamines in the body increases sharply, including norepinephrine. Therefore, there is an opportunity for early diagnosis of cardiovascular diseases, including myocardial infarction (heart attack). An important task of modern organic and bioorganic chemistry is the modification of biologically active substances, which is already known in order to reduce their toxicity, increase their beneficial effects, improve their properties. Particular attention is paid to amino acid-peptide derivatives, as they primarily contribute to the permeability of biologically active substances. Therefore, the article discusses the synthesis of a new derivative of Dopa, with the formation of the tripeptide-L-phenylalanyl-L-tyrosyl-3,4-dioxyphenyl-alanine with 2-chloromethoxyrane. The results of the research, including the composition and structure of the starting material and the desired tripeptide, were analyzed and determined by physicochemical methods.

Keywords: study, reaction, interaction, synthesis, catecholamines, adrenaline, norepinephrine, tripeptide, L-phenylalanyl-L-tyrosyl-3,4-dioxyphenyl-alanine, 2-chloromethoxyrane.

Маълумот дар бораи муаллиф: *Кабирзода Зухро Одилшо* – Институти илмию таҳқиқоти Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, ходими илм. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудаки, 17. **Телефон:** 985866106. **Email:** ikromovich80@mail.ru

Раҷабов Сироджиддин Икромович – Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктори илмҳои химия, и.в., профессор, мудири кафедраи химияи органикӣ. **Суроға:** 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рудаки, 17. **Телефон:** 904-60-04-60. **Email:** ikromovich80@mail.ru

Сведения об авторах: *Кабирзода Зухро Одилшо* – Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета, научный сотрудник. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Телефон:** 958866106. **Email:** ikromovich80@mail.ru

Раҷабов Сироджиддин Икромович – Таджикский национальный университет, доктор химических наук., и.о., профессора, Заведующей кафедрой органической химии. **Адрес:** 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. **Телефон:** 904-60-04-60. **Email:** ikromovich80@mail.ru

Information about the authors: *Kabirzoda Zuhro Odilsho* – Research Institute of Tajik National University, Research assistant, Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** 985 86 61 06. **E-mail:** ikromovich80@mail.ru

Rajabov Sirojiddin Ikromovich – Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Organic Chemistry Department, Tajik National University. Address: 734025, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. **Phone:** 904-60-04-60. **E-mail:** ikromovich80@mail.ru

**КИНЕТИКА ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОГО СПЕКАНИЯ
НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ ТУРПИ И БОРОСИЛИКАТНЫХ РУД
АК-АРХАРА С ХЛОРИДОМ МАГНИЯ**

Савзаева Ш.Х., Назаров Ш.Б., Назаров З.С., Мирсаидов У.
Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан

На данном этапе экономического развития Таджикистана одной из основных задач является разработка технологий комплексной переработки минерального сырья с вовлечением в производство местных сырьевых ресурсов и промышленных отходов. Большой интерес для промышленного производства Таджикистана представляет переработка алюминийсодержащего (месторождения Турпи) и боросиликатного сырья (Ак-Архар), запасы которых достигают десятки миллионов тонн. В этой связи актуальны исследования, направленные на получение комплексных калий, магний-содержащих удобрений, а также микроудобрений, содержащих бор, железо, цинк, молибден, марганец и др., которые входят в состав вышеуказанных руд [1-10].

Области применения борных соединений чрезвычайно многочисленны и разнообразны. Из всего многообразия областей применения боратов выделяются наиболее крупные: производство стекла, стекловолокна и других стекловидных материалов (эмалей, глазурей и т.п.), радиация и коррозионно-защитные материалы, моющих и отбеливающих средств.

Эти виды сырья, несмотря на пониженное содержание основных компонентов, содержат другие полезные компоненты и позволяют, в зависимости от выбора метода переработки, получать расширенный ассортимент товаров народного и сельскохозяйственного применения. Поэтому, промышленное освоение этих руд при выборе рациональной технологии переработки является вполне целесообразным и даже выгодным, если переработку вести комплексно.

Химический состав этих руд является основной характеристикой и в значительной мере определяет их промышленное значение [1-3, 8,9]. Оксиды железа руд при спекании превращаются в гематит. Кремнезем-SiO₂ находится в рудах в связанном и свободном состояниях: связанный кремнезем входит в состав полевошпатовых (ортоклаз, микроклин, альбит и др.) минералов, свободный - в виде кварцевого песка. Глинозём-Al₂O₃, наиболее тугоплавкий оксид, в связанном состоянии входит в состав полевых шпатов и нефелина, а оксид бора в состав минералов данбурит, датолит, гидроборатит и др. Химический состав полученной шихты от смешивания нефелиновых сиенитов, боросиликатной руды и хлорида магния приведено в таблице 1. Анализы проводились в основном на содержание оксидов алюминия, железа, кальция, калия, натрия, бора, магния и силиция по известным методикам.

Таблица 1. Химический состав шихты, полученный путем смешивания нефелиновых сиенитов, боросиликатов и хлорида магния
Table 1. The chemical composition of the mixture obtained by mixing nepheline syenites, borosilicates and magnesium chloride

Наименование сырьевых материалов	Основные компоненты, тонна							
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
Нефелиновые сиениты Турпи	0,224	0,064	-	0,065	0,066	0,025	0,001	0,530
Боросиликат-ные руды Ак-Архар	0,013	0,037	0,108	0,0003	0,001	0,196	0,007	0,598
Хлорид магния	-	-	-	-	-	-	1,48	-
СУММА	0,237	0,101	0,108	0,166	0,067	0,221	1,49	1,128

Содержание Al_2O_3 , Fe_2O_3 , B_2O_3 , CaO , и MgO , определяли титриметрическими методами, Na_2O , K_2O - пламенфотометрическим, а содержание SiO_2 весовым методами.

Данная работа посвящена изучению кинетики процесса совместного спекания нефелиновых сиенитов Турпи, боросиликатных руд Ак-Архар с хлоридом магния. Кинетику процесса спекания нефелиновых сиенитов, боросиликатных руд и хлорида магния изучали при температурах спекания $650^{\circ}C$; $750^{\circ}C$; $850^{\circ}C$; $950^{\circ}C$; $1000^{\circ}C$, где использовали исходные материалы с крупностью 0,1мм и менее. При этом массовое соотношение нефелиновых сиенитов, боросиликатной руды и хлорид магния составляло: 1:1:3,5. Перед спеканием исходные реагенты тщательно перемешивались в платиновой чашке до однородной массы. Спекание проводили в муфельной печи СШОЛ - 116.12 - МЗ - У4.2 с хромел - копелевой термопарой. Опыты проводили при значениях продолжительности спекания, (мин): 10; 20; 30; 40; 50; 60 для каждой температуры. После завершения процесса спекания полученный спек, подвергался водной и солянокислотной обработке при оптимальных условиях. В солянокислых растворах комплексонометрическим методом определяли количество извлеченного в раствор оксида алюминия, железа, бора, кальция, магния, а методом пламенной фотометрии щелочных металлов. Для обработки результатов кинетических данных использовали степень извлечения в раствор оксида алюминия.

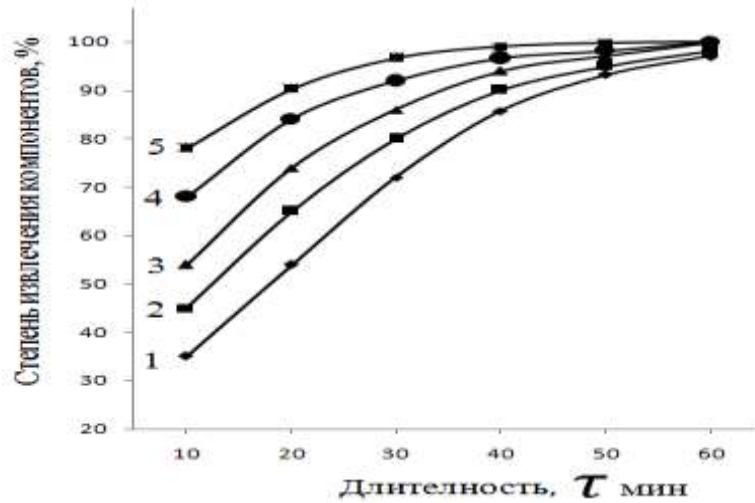
Полученные кинетические данные показаны в таблице 2., где наблюдается монотонное изменение степени извлечения Al_2O_3 при всех значениях температуры с увеличением длительности процесса спекания от 10 до 60 мин. Максимальное извлечение Al_2O_3 наблюдается при температуре спекания $950^{\circ}C$ и продолжительности 45 -50 мин. и выше, где степень извлечения Al_2O_3 находится в пределах 95,4-99,8%.

Таблица 2. Результаты опытов по кинетике процесса
Table 2. The results of experiments on the kinetics of the process

Извлекаемый компонент, Al_2O_3	Степень извлечения оксида алюминия в раствор, %				
	Температура, 923К	Температура, 1023К	Температура, 1123К	Температура, 1223К	Температура, 1273К
Длительность спекания, мин					
10	35,1	45,0	54,0	68,1	78,0
20	54,0	64,9	74,1	84,0	90,3
30	72,0	80,0	85,9	92,0	96,7
40	85,8	90,0	94,3	92,1	99,0
50	93,3	95,1	97,0	98,2	99,8
60	97,0	98,1	99,8	100,0	100,0

Взаимодействие нефелиновых сиенитов, борной руды и $MgCl_2$ является твердофазной реакцией. Вопросу кинетических закономерностей подобных реакций посвящено много исследований и к настоящему времени такую реакцию представляют в виде процесса, состоящего из нескольких стадий: образование отдельных атомов (молекул) твердого продукта на поверхности твердого реагента, возникновение ядер фазы твердого продукта, рост ядер, образование слоя продукта реакции, толщина которого зависит от времени протекания процесса. Скорость процесса изменяется в зависимости от степени вклада каждой стадии процесса. Кинетические кривые представлены на рис.1.

Рис.1. Зависимость степени извлечения оксида алюминия от продолжительности спекания при различных температурах
Fig. 1. The dependence of the degree of extraction of alumina from sintering duration at various temperatures



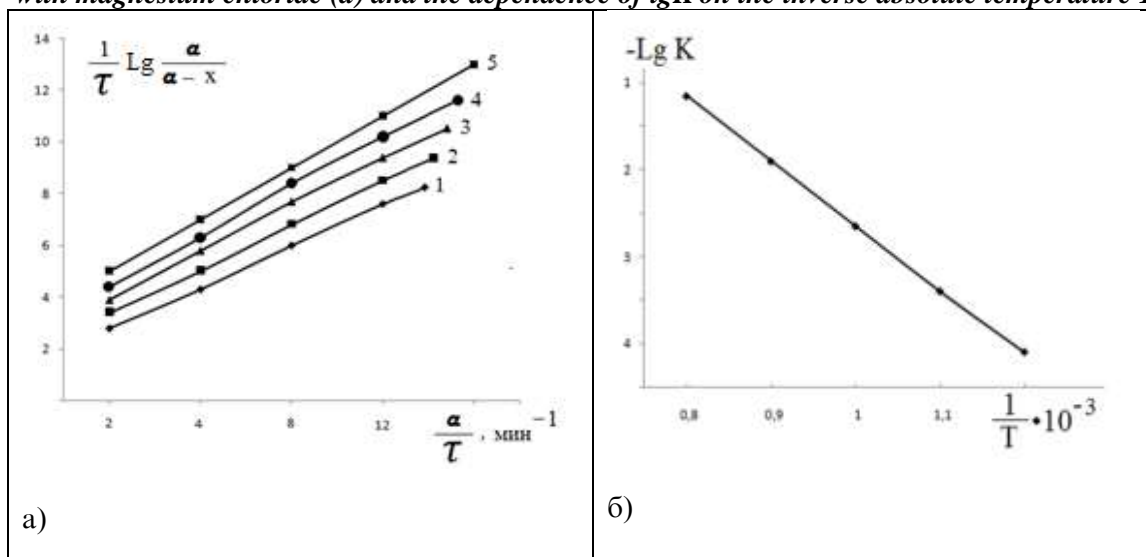
Для обработки кинетических данных применялись уравнения И.Яндера, А.М. Гистлинга, Тамана - Фишбека, В.Ф. Журавлева, С.З. Рогинского, Колмогорова - Ерофеева, А.Л. Ротиняна и Б.В. Дроздова. Проверки показали, что кинетические кривые удовлетворительно описываются уравнением А.Л. Ротиняна и Б.В. Дроздова, предложенным для характеристики процессов обжига, выщелачивания, промывки и цементации [2, 10].

Из рис.2а видно, что все опытные данные, полученные при спекании нефелиновых сиенитов, борной руды с хлоридом магния, дают прямые линии. Отсюда следует, что уравнение применимо к указанному процессу.

Энергию активации реакции определяли по формуле Аррениуса, а также графическим методом из графика зависимости $\lg k$ от обратной температуры $1/T$ (рис.2б). Значения энергии активации в обоих методах идентичны и равны - 52,17 кДж/моль (табл.3.).

Рис.2. Проверка уравнения на данных спекания нефелиновых сиенитов, боросиликатной руды с хлоридом магния (а) и зависимость $\lg K$ от обратной абсолютной температуры $1/T$ (б).

Fig. 2. Verification of the equation on the sintering data of nepheline syenites, borosilicate ore with magnesium chloride (a) and the dependence of $\lg K$ on the inverse absolute temperature $1/T$ (b)



Водная обработка спека проводилась при температуре 100°C, продолжительности обработки -60 мин, массовое соотношение нефелиновых сиенитов: боросиликатной руды : хлорида магния = 1:1:3,5, жидкой к твердой фазы (Ж:Т) равной 8:1. А солянокислотное разложение спека осуществлен в стеклянной реакторе при температуре 100°C, длительности кислотной обработке- 60 мин, массовое соотношение жидкой к твердой фазе - 6:1, дозировка кислоты 15% от стехиометрии для образования нитратов металлов.

Таким образом, скорость реакции взаимодействия спека нефелиновых сиенитов, борной руды и хлорида магния, представляющая собой твердофазный процесс, протекает в кинетической области, о чем свидетельствует среднее значение энергии активации - 52,17 кДж/моль.

Таблица 3. Зависимость константы скорости реакции от температуры
Table 3. The dependence of the reaction rate constant from temperature

Температура процесса, К	Константы скорости реакции, мин ⁻¹	Энергии активации, кДж/моль
923	3,1 10 ⁻³	52,17
1023	8,2 10 ⁻³	
1123	1,7 10 ⁻²	
1223	2,8, 10 ⁻²	

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафиев Х. Кинетика солянокислотного разложения остатка от водной обработки спека нефелиновых сиенитов// Х.Сафиев, Ш.Б.Назаров, О.Х. Амиров. Информационный листок НПИЦентр-2001, №38, серия 61.31.
2. Ротинян А.Л. Кинетика процессов обжига, выщелачивания, промывки и цементации // А.Л. Ротинян, Б.В. Дроздов. ЖОХ - 1949.- т.19, вып.10. – С.1843-1846.
3. Каковский И.А. Кинетика процессов растворения// И.А.Каковский, Ю.М. Поташников. – М.: Металлургия, 1975. – 224 с.
4. Назаров Ш.Б. Отходы производства – сырьё для получения коагулянтов // Ш.Б.Назаров, А.К.Запольский, Х.Сафиев, У.Мирсаидов. Доклады АН Республики Таджикистан, 1992. Т. 35. - № 9-10., – С. 448.
5. Назаров Ш.Б.Использование промышленных отходов при переработке алюминиевого сырья// Ш.Б.Назаров, А.К.Запольский, Х.Сафиев, У.Мирсаидов. Комплексное использование минерального сырья. – 1992. № 5. – С. 72-75.
6. Патент № 98000521 Т (Таджикистан). Способ переработки глинозем-содержащего сырья //Назаров Ш.Б., Запольский А.К., Сафиев Х., Мирсаидов У., Рузиев Д.Д., Амиров О.Х. – Опул. в бюл. 1998. № 12.
7. Самихов Ш.Р. Кинетика процесса выщелачивания сульфидно мышьяковых концентратов в растворе азотной кислоты// Ш.Р.Самихов, З.А.Зинченко. Рукопись депонирована в НПИ Центре Республики Таджикистан. Душанбе, 16.12.2004, № 59 (1680).
8. Мирсаидов У.М. Кислотное разложение боросиликатных руд// У.М.Мирсаидов, А.С.Курбонов, Э.Д. Маматов. – Душанбе: Дониш, 2015. – 90 с.
9. Назаров Ш.Б. Извлечение полезных компонентов из боросиликатного сырья с различным содержанием бора кислотными методами// Ш.Б. Назаров. – ДАН РТ, 2015. т.59, №3-4. – С.25-28.
10. Бобохонов Б.А., Самихов Ш.Р., Зинченко З.А. Разработка условий выщелачивания золота из бедных руд// Б.А.Бобохонов, Ш.Р.Самихов, З.А. Зинченко. Вестник ТГНУ. – Душанбе, 2004. №4. – С.123-129.
11. Самихов, Ш.Р. Изучение кинетики процесса цианирования золотосо- держащих руд Таджикистана / Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко, Б.А. Бобохонов // Известия АН Республики Таджикистан: Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2012. – Т. 146, № 1. – С. 85 – 91.

REFERENCES LITERATURE

1. Safiev Kh. Kinetics of hydrochloric acid decomposition of the residue from water treatment of nepheline syenite cake // Kh.Safiev, Sh.B. Nazarov, O.Kh. Amirov. Information sheet NPICenter-2001, No. 38, series 61.31.
2. Rotinyan A.L. Kinetics of roasting, leaching, washing and cementation processes // A.L. Rotinyan, B.V. Drozdov. ZhOKh - 1949.- v. 19, issue 10. - P. 1843-1846.
3. Kakovsky I.A. Kinetics of dissolution processes // I.A. Kakovsky, Yu.M. Potashnikov. - M.: Metallurgy, 1975. – 224 p.
4. Nazarov Sh.B. Production waste - raw materials for the production of coagulants // Sh.B. Nazarov, A.K. Zapolsky, H. Safiev, U. Mirsaidov. Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, 1992. V. 35. - No. 9-10., - P. 448.

5. Nazarov Sh.B. Use of industrial waste in the processing of aluminum raw materials // Sh.B. Nazarov, A.K. Zapolsky, H. Safiev, U. Mirsaidov. Complex use of mineral raw materials. - 1992. No. 5. - P. 72-75.
6. Patent No. 98000521 T (Tajikistan). Method for processing alumina-containing raw materials // Sh.B. Nazarov, A.K. Zapolsky, Kh. Safiev, U. Mirsaidov, D.D. Ruziev, O.Kh. Amirov. - Publ. in bul. 1998. No. 12.
7. Samikhov Sh.R. Kinetics of the process of leaching of arsenic sulfide concentrates in a nitric acid solution // Sh.R. Samikhov, Z.A. Zinchenko. The manuscript was deposited at the NPI Center of the Republic of Tajikistan. Dushanbe, 16.12.2004, No. 59 (1680).
8. Mirsaidov U.M. Acid decomposition of borosilicate ores // U.M. Mirsaidov, A.S. Kurbonov, E.D. Mamatov. - Dushanbe: Donish, 2015. - 90 p.
9. Nazarov Sh.B. Extraction of useful components from borosilicate raw materials with different boron content by acid methods // Sh.B. Nazarov. - DAN RT, 2015. v.59, No. 3-4. - P.25-28.
10. Bobokhonov BA, Samikhov Sh.R., Zinchenko Z.A. Development of conditions for leaching gold from poor ore // B.A. Bobokhonov, Sh.R. Samikhov, Z.A. Zinchenko. TGNU Bulletin. - Dushanbe, 2004. No. 4. - P. 123-129.
12. Samikhov, Sh.R. Study of the kinetics of the cyanidation process of gold-bearing ores in Tajikistan / Sh.R. Samikhov, Z.A. Zinchenko, B.A. Bobokhonov // News of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan: Department of Physics and Mathematics, Chem., Geol. and tech. sciences. - 2012. - T. 146, No. 1. - P. 85 - 91.

КИНЕТИКА И РАВАНДИ ГУДОЗИШИ ЯКЧОЯИ НЕФЕЛИНҶОИ СИЕНИТИИ ТУРПИ ВА БОРОСИЛИКАТҶОИ АК-АРХАР БО ХЛОРИДИ МАГНИЙ

Коркарди якҷояи комплекси маъданҳо аз нуқтаи назари иқтисодӣ ва экологӣ мақсаднок буда, боиси зиёд шудани намуди маҳсулоти тайёр ва дар соҳаҳои гуногуни халқ истифодашаванда мегардад. Ин раванд як намуди ғанигардонии маъданҳои бисёрсилитсидошта мебошад, ки бо харчи якхелаи энергияи гармӣ ассортименти гуногуни маҳсулот ба даст оварда мешавад. Омӯзиши кинетикаи коркарди якҷояи маъданҳо боиси дуруст интихоб намудани таҷҳизоти техникӣ ва самаранок амалӣ намудани усули коркард мегардад. Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти кинетикаи гудозиши якҷояи нефелинҳои сиенитии Турпи, бо росиликатҳои кони Ак-Архар бо усули гудозиш дар иштироки хлориди магний оварда шудааст. Таъсири омилҳои гуногуни физикавӣ- химиявӣ ба раванди кушодашавии маъданҳо хангоми ғудохтан бо хлориди магний таҳқиқ гардида, шартҳои муътадили гудозиш дар иштироки хлориди магний муқаррар карда шудааст. Хулоса, суръати реаксияи баргумони мутақобилаи нефелинҳои сиенитии Турпи, боросиликатҳои Ак-Архар ва хлориди магний, ки реаксияи саҳтфазагӣ мебошад, дар ҳудуди кинетикӣ мегузарад, ки қимати миёнаи энергияи баргумони фаъолноқшавии он $-52,17$ кДж/моль аз он гувоҳӣ медиҳад.

Калидвожаҳо: кинетикаи раванди гудозиш, нефелинҳои сиенитӣ, боросиликатҳо, хлориди магний, ғудохтакунӣ, коркарди обӣ ва кислотагӣ бо кислотаи хлорид, суръати реаксия, энергияи баргумони фаъолноқшавӣ.

КИНЕТИКА ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОГО СПЕКАНИЯ НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТОВ ТУРПИ И БОРОСИЛИКАТНЫХ РУД АК-АРХАРА С ХЛОРИДОМ МАГНИЯ

Совместная и комплексная переработка минерального сырья целесообразно с точки зрения экономики и экологии, расширяет наименование выпускаемых продуктов потребляемые в различных отраслях народного хозяйства. Такой процесс один из видов обогащения высококремнистого сырья, которая при одинаковом затратах тепловой энергии позволяет, получают большой ассортимент товарных продуктов. Изучение кинетики совместной переработки руд предопределяет правильный выбор технической оборудования и эффективной ведений переработки. В статье приведены результаты исследования кинетики процесса совместной спекания нефелиновых сиенитов месторождения Турпи и боросиликатов Ак-Архара с хлоридом магния. Изучено влияние различных физико-химических факторов на процесс извлечения компонентов состава руд при их спекании с хлоридом магния. Установлены оптимальные параметры проведения процесса спекания руд с хлоридом магния. Таким образом, скорость реакции взаимодействия (спекания) нефелиновых сиенитов Турпи, боросиликатных руд с хлоридом магния, представляющая собой твердофазный процесс, протекает в кинетической области, о чем свидетельствует среднее значение кажущаяся энергии активации $-52,17$ кДж/моль.

Ключевые слова: кинетика процесса спекания, нефелиновые сиениты, боросиликаты, хлорид магния, слёк, водная и соляно кислотная обработка спека, скорость реакции, кажущаяся энергия активации реакции.

KINETICS OF THE JOINT SINTERING PROCESS NURPHELIN SYENITES TURPY AND BOROSILICATE AK-ARCHAR ORE WITH MAGNESIUM CHLORIDE

Joint and complex processing of mineral raw materials is advisable from the point of view of economics and ecology, increases the names of products consumed in various sectors of the economy. This process is one of the types of enrichment of high-silicon raw materials, which, with the same expenditure of thermal energy, allows them to receive a large assortment of marketable products. A study of the kinetics of co-processing of ores predetermines the correct choice of technical equipment and the effective management of the processing method. The article presents the results of a study of the kinetics of the process of joint sintering of nepheline syenites from the Turpy deposit and Ak-Archar borosilicates with magnesium chloride. The influence of various physicochemical factors on the process of extracting the components of the ore composition during their sintering with magnesium chloride was studied. The optimal parameters of the process of sintering ores with magnesium chloride are established. Thus, the reaction rate of the interaction of nepheline syenites, borosilicate ores with magnesium chloride, which is a solid-phase process, proceeds in the kinetic region, as evidenced by the average value of the apparent activation energy - 52.17 kJ / mol.

Keywords: kinetics of the sintering process, nepheline syenites, borosilicates, magnesium chloride, sinter, aqueous and hydrochloric acid sinter treatment, reaction rate, apparent reaction activation energy.

Маълумот дар бораи муаллифон: *Савзаева Шабнам Хушвахтовна* – унвонҷӯи Институти химияи ба номи В.И.Никитини АМИТ. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 299/2. **E-mail:** sabzaeva1985@mail.ru. **Тел.:** (+992) 902 80 22 88.

Назаров Шамс Бароталиевич – д.и.х., мудири озмоишгоҳи коркарди комплекси маъданҳо ва партовҳои саноатии Институти химияи ба номи В.И.Никитини АМИТ. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 299/2. **E-mail:** shams_n63@list.ru. **Тел.:** (+992) 907 74 77 09

Назаров Зафар Саидмуродович – унвонҷӯи Институти химияи ба номи В.И.Никитини АМИТ. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 299/2, **E-mail:** nazarov.zaf@gmail.com. **Тел.:** (+992) 93 871 84 84

Мирсаидов Ульмас – академики АМИТ, Институти химияи ба номи В.И.Никитини АМИТ. **Суроға:** 734063, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Айнӣ, 299/2. **E-mail:** ulmas2005@mail.ru. **Тел.:** (+ 992) +992 900 31 50 50

Сведения об авторах: *Савзаева Шабнам Хушвахтовна* – соискатель Института химии им. В.И.Никитина НАНТ. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айна, 299/2. **E-mail:** sabzaeva1985@mail.ru. **Тел.:** (+992) 902-802-288.

Назаров Шамс Бароталиевич – д.х.н., Заведующий лабораторией комплексной переработки минерального сырья и промышленных отходов Института химии им. В.И.Никитина НАНТ. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, улица Айна, 299/2. **E-mail:** shams_n63@list.ru. **Тел.:** (+992) 907 74 77 09

Назаров Зафар Саидмуродович – соискатель Института химии им. В.И.Никитина НАНТ. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, улица Айна, 299/2. **E-mail:** nazarov.zaf@gmail.com. **Тел.:** (+992) 93 871 84 84

Мирсаидов Ульмас – академик НАНТ, Институт химии им. В.И.Никитина НАНТ. **Адрес:** 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, улица Айна, 299/2. **E-mail:** ulmas2005@mail.ru. **Тел.:** (+992) 900 31 50 50

Information about authors: *Savzaeva Shabnam Khushvakhtovna* – applicant for the Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Ayni str., 299 / 2. **E-mail:** sabzaeva1985@mail.ru. **Phone:** (+992) 902 80 22 88

Nazarov Shams Barotalievich – Doctor of Chemistry Sciences, Head of the Laboratory for Complex Processing of Mineral Raw Materials and Industrial Wastes of the Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Ayni Street, 299/2. **E-mail:** shams_n63@list.ru. **Phone:** (+992) 907 74 77 09

Nazarov Zafar Saidmurodovich – applicant for the Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Ayni Street, 299/2. **E-mail:** nazarov.zaf@gmail.com. **Phone:** (+992) 93 871 84 84

Mirsaidov Ulmas – Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. **Address:** 734063, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Ayni Street, 299/2. **E-mail:** ulmas2005@mail.ru. **Phone:** (+992) 900 31 50 50

МУНДАРИЧА

МАТЕМАТИКА

<i>Одинаев Р.Н., Мавлонзода С.Х.</i> Модели математикии боркашонии нақлиёти ҷумҳурии тоҷикистон дар мисоли нбо роғун бо истифодабарии методҳои барномасозии хаттӣ	5
<i>Шерматов Н., Ҳакимӣён С.Ф.</i> Алгоритми ташаққули ҷадвали коррелясионӣ ва ҳосил кардани муодилаҳои регрессия	15
<i>Қосимов И.Л.</i> Амсилаи математикӣ ва компютери худкорсозии ҷадвали санҷишу имтиҳонҳо дар системаи таълими анъанавӣ	33
<i>Аҳмадӣ Ғ.С.</i> Рушди шабакаҳои бесим ҳамчун воситаи назорат ва идоракунии системаҳои дурдаст	40
<i>Нозиров О.О.</i> Баҳои суммаи қиматҳои функсияҳои чебишев аз рӯи ҳамаи хараҷҳои бо модули додашуда	48
<i>Қамолиддинов Ҷ.</i> Оиди баҳодиҳии интегралҳои дученакаи нисбат ба x ҳамроҳшудаи интегралҳои Коши	54
<i>Байзаев С., Ҷумаев Б.М.</i> Доир ба ҳалҳои як системаи бисёрченакаи барзиёдмуайяншуда бе шартӣ пурра интегронидашавандагӣ	66
<i>Муҳсинов Ё. М.</i> Масъалаи гуруҳтан барои бозҳои дифференсиалии ғайрихаттӣ бо аргументи дермонӣ дар фазои банах	74
<i>Ниматова М.Х., Ниматов Ҳ., Абдулазизов А.</i> Дар бораи як синфи масъалаҳои геометрияи интегралӣ дар фазои сеченака	79
<i>Ғафурulloев Н.И., Арабов М.К.</i> Автоматизатсиякунонии қорҳои соҳилмустваҳкамкунии сад дар дарёи Қизилсуи ноҳияи Восеъ	87
<i>Ҷафаров А.С., Мирзоев И.Н., Ибронов С.Д., Қаюмова Х.И., Бахтовари У., Кобулӣ З.В.</i> Модели таҳлилии майдонҳои ҳароратии конструксияҳои яхдонҳои адсорбсионии офтобӣ дар шароити таъсири даврии гармӣ	94
<i>Одинаев Р.Н., Ғафоров З.Б.</i> Ҳавасмандгардонӣ ба омӯзиши фанҳои информатика ва барномасозӣ дар мтму, мто бо мисоли модели компютери хараҷати мошинҳо дар забони барномасозии «С ++»	103
<i>Мирзоев С.С.</i> Умумият додани системаи муолилаҳои тартиби дуҷуми типӣ таркибӣ	110
<i>Ҷафаров А.С., Мирзоев И.Н., Ибронов С.Д., Бахтовари У., Кобулӣ З.В.</i> Моделронии режими ҳароратии конструксияи яхдони адсорбсионии офтобӣ	118

ФИЗИКА

<i>Султонов Н., Ҳамроқулов Р.Б., Ақобирова А.Т.</i> Коркарди технологияи ҳосил намудани пардаҳои поликристаллии теллуриди кадмий ва омӯзиши сохтор ва хосиятҳои электрикии онҳо	130
<i>Қаюмов А.К., Абдуллаев С.Ф., Қаюмова Д.А.</i> Таҳлили омории таркиби изотопҳо ва металлҳои вазнин дар намунаҳои аэрозоли атмосфера ва хоки кӯхистони Тоҷикистон	147
<i>Самиев С.Б., Абдуллаев С. Ф., Сафаров М.Т., Маслов В. А.</i> Тадқиқоти сифатии ҳаво дар Тоҷикистон	154
<i>Сафаров Ш.Р., Ойматова Х.Х., Сафаров М.М.</i> Таъсири наноҳокаи гидразин дар системаи тернарӣ кислотаи силитсий ва наноҷаҳои карбонии бисёрқабата вобаста аз ҳарорат	165
<i>Ғафуров О.В., Ақобирова А.Т., Ҳамроқулов Р.Б.</i> Сохтор ва нуқсонҳои радиатсионӣ дар кремний бо γ нурҳо нурбороншуда	175
<i>Раҷабов Т.М.</i> Модели бодии таъсири мутақобили физикӣ	181
<i>Давлатов О.Ш., Ғаниев И.Н., Одиназода Ҳ.О., Раҷабалиев С.С.</i> Рафтори коррозсионӣ-электрохимиявии ҳӯлаи алюминийи АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 бо қалъагӣ ҷавҳаронидашуда	190

ХИМИЯ

<i>Содатдинова А.С., Сафармамадзода С.М., Абдурахмонов Б.Ф.</i> Пайвастиҳои комплекси нукра бо 1-метил-2-меркаптоимидазол	198
<i>Назаров О.Н., Обидов З.Р., Ғаниев И.Н., Баҳодуров Ю.Ф.</i> Оксидшавии ҳӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ бо стронсий ҷавҳаронидашуда дар ҳолати сахт	208
<i>Шодиева С.Ф., Зухурова М. А., Рачинская Г.Ф., Ҳамзаева Г.Ч.</i> Бо усули фотометрӣ муайян намудани силитсий дар ҳӯлаҳои алюминий	216
<i>Самихов Ш.Р., Лалоев Ф.С.</i> Технологияи ганигардонии маъдани сулфурдори полиметаллии қони Ақдҷилга	225
<i>Бобоева Б.Т., Холиқова Л.Р., Қурбонова М.З., Муродов Д.С.</i> Синтез ва таҳқиқи пайвастиҳои координатсионии руҳ (II) бо 1,5 – дифенилпентадиен - 2,4 - 1 – он	232
<i>Мамадшоева С. С., Ҷафарӣ Б., Халиқова М.Ч., Нанмов И.З., Самихов Ш.Р., Лангер П., Сафаров С. Ш.</i> Ҳосил кардани -2-арил -7-трифторметил-5- оксо-5h -1,3,4-тиадиазола [3,2-a] пиримидин	242
<i>Гулов Т. Ё., Бандоев С. Г., Федотов А.Н., Мочалов С.С.</i> Ионҳои ҳалқагӣ аз 1-(2- Нитрофенил)- Ва 1-(4-Бром-2-Нит-Рофенил)- 3-Бромпропанолҳо Ва эфирҳои мураккаби онҳо	253
<i>Низомов М.М., Қурбонова Ф.Ш., Сафаров С.И.</i> Таҳқиқи раванди термолити пайвасти оксохлориди рений (V) бо N – атсетилтиомочевина	261

Чонмуродов А.С., Икромӣ Х.И., Усманова С.Р., Холов Ш.Ё., Насриддинов А.С., Муҳидинов З.К., Strahan G.D. Сохтори фраксияи дар об ҳалшавандаи пектинҳои полисахаридии офтобпараст	269
Солиев Д., Ибрагимова Б.М., Жумаев М.Т., Низомов И.М., Мусоҷонзода Ҷ.М. Мувозинатҳои фазагии системаи $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ дар ҳарорати 0 С.....	277
Иброгимов Д.Э., Гулаҳмадов Ҳ.Ш., Зайниддинов Т.Н. Ҷанбаҳои физикию-химиявӣ ва экологии ҳосил намудани биогаз дар асоси растаниҳои флораи минтақаҳои осебпазири КВД «ШАТ»	286
Юсуфзода А.Ҷ., Раҷабов С.И., Мусоҷода С.М. Таҳқиқи физикию химиявии лактонҳои қисми зеризаминии INULAMACROPHYLLA L	294
Содатдинова А.С., Абдурахмонов Б.Ф. Термодинамикаи Комплексошудани $Ag(I)$ бо 1-метил-2-меркаптоимидазол	302
Иброгимов Д.Э., Гулаҳмадов Ҳ.Ш., Ибрагимова С.И., Зокирова М.А. Таъсири вазъи экологии маҳал ба раванди биохимиявии ҳосилшавии равған дар растаниҳо	311
Кабирзода З.О., Раҷабов С.И. Модификатсияи трипептиди-l-фенилаланил-L-тирозил-3,4 диоксифенилаланин бо 2-хлорметилоксиран	319
Савзаева Ш.Х., Назаров Ш.Б., Назаров З.С., Мирсаидов У. Кинетикаи раванди гудозиши яқҷояи нефелинҳои сиенитии турпи ва боросиликатҳои ак-архар бо хлориди магний	329

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

<i>Одинаев Р.Н., Мавлонзода С.Х.</i> Математическая модель грузоперевозки Республики Таджикистан на примере Рогунской ГЭС с использованием метода линейного программирования	5
<i>Шерматов Н., Хакимиён С.Ф.</i> Алгоритм формирования корреляционной таблицы и получения уравнений регрессии	15
<i>Косимов И.Л.</i> Математический и компьютерный модель автоматизации зачетно-экзаменационного расписания в классическом системе учёбе	33
<i>Ахмади Г.С.</i> Развитие беспроводных сетей как средство контроля и управления удаленными системами	40
<i>Нозиров О.О.</i> Об оценке сумм значений функций чебышева по всем характерам дирихле по заданного модуля	48
<i>Камолитдинов Дж.</i> об оценке двухмерного по x сопряженного интеграла Коши	54
<i>Байзаев С., Джумаев Б.М.</i> О решениях одной многомерной переопределенной системы без условия полной интегрируемости	66
<i>Мухсинов Е.М.</i> О задаче убегания в нелинейных дифференциальных играх с запаздывающим аргументом	74
<i>Ниматова М.Х., Ниматов Х., Абдулазизов А.</i> Об одном классе задач интегральной геометрии в трёхмерном пространстве	79
<i>Фатхуллоев Н.И., Арабов М.К.</i> Об одном алгоритме автоматизации и берегоукрепительных работ дамб реки Кызылсу Восейского района	87
<i>Джафаров А.С., Мирзоев И.Н., Ибронов С.Д., Каюмова Х.И., Бахтовари У., Кобули З.В.</i> Аналитическая модель температурного поля конструкций солнечного адсорбционного холодильника в условиях периодического теплового воздействия	94
<i>Одинаев Р.Н., Гафоров З.Б.</i> Создания мотивации к изучению предметов информатики и программирования в СОУ, вузах на примере компьютерного моделирование движенияавтомобилей на языке прогорммирования C++	103
<i>Мирзоев С.С.</i> Обобщение системы уравнений второго порядка составного типа	110
<i>Джафаров А.С., Мирзоев И.Н., Ибронов С.Д., Бахтовари У., Кобули З.В.</i> Моделирование температурного режима конструкций солнечного адсорбционного холодильника	118

ФИЗИКА

<i>Султонов Н., Хамрокулов Р.Б., Ақобирова А.Т.</i> Разработка технологии получения поликристаллических пленок теллурида кадмия и исследование их структуры и электрических свойств	130
<i>Каюмов А.К., Абдуллаев С.Ф., Каюмова Д.А.</i> Статистический анализ содержания тяжелых металлов и изотопов в составе атмосферного аэрозоля и почв высокогорных зон Таджикистана	147
<i>Самиев С.Б., Абдуллаев С. Ф., Сафаров М.Т., Маслов В.А.</i> Исследование качества воздуха в Таджикистане	154
<i>Сафаров Ш.Р., Ойматова Х.Х., Сафаров М.М.</i> Влияние гидразиного нанопорошка на изменение удельной теплоёмкости тернарных систем кремниевой кислоты и многослойной углеродной нанотрубки в зависимости температуры	165
<i>Гафуров О.В., Ақобирова А.Т., Хамрокулов Р.Б.</i> Структура и радиационные дефекты γ – облученного кремния	175
<i>Раджабов Т.М.</i> Парусная модель физического взаимодействия	181
<i>Давлатов О.Ш., Ганиев И.Н., Одиназода Х.О., Раджабалиев С.С.</i> Коррозионно-электрохимическое поведение алюминиевого сплава АЖ2.4М5.3Мг1.1Ц4Кр3 легированного оловом	190

ХИМИЯ

<i>Содатдинова А.С., Сафармамадзода С.М., Абдурахмонов Б.Ф.</i> Комплексные соединения серебра с 1-метил-2-меркаптоимидазолом	198
<i>Назаров О.Н., Обидов З.Р., Ганиев И.Н., Баходуров Ю.Ф.</i> Окисление цинкового сплава Zn0.5Al, легированного стронцием, в твердом состоянии	208
<i>Шодиева С.Ф., Зухурова М. А., Рачинская Г.Ф., Хамзаева Г.Ч.</i> Фотометрическое определение кремния в алюминиевых сплавах	216
<i>Самихов Ш.Р., Лалоенов Ф.С.</i> Технология обогащения полиметаллических сернистых руд акджилгинского месторождения	225
<i>Бобоева Б.Т., Холикова Л.Р., Курбонова М.З., Муродов Д.С.</i> Синтез и исследование координационных соединений цинка (II) с 1,5 – дифенил-пентадиен – 2,4-1-оном	232
<i>Мамадшоева С. С., Джафари Б., Халикова М. Дж., Наимов И. З., Самихов Ш. Р., Лангер П., Сафаров С. Ш.</i> Получение -2-арил -7-трифторметил-5- оксо-5Н -1,3,4-тиадиазола [3,2-а] пиримидина	242

<i>Гулов Т. Ё., Бандаев С. Г., Федотов А.Н., Мочалов С.С.</i> Циклические ионы из 1-(2- нитрофенил)- и 1-(4-бром-2-нитрофенил)- 3-бромпропанолов и их сложных эфиров	253
<i>Низомов М.М., Курбонова Ф.Ш., Сафаров С.И.</i> Исследование процесса термолита оксохлоро - N – ацетилтиомочевинного комплекса рения (V)	261
<i>Джонмуродов А.С., Икром Х.И., Усманова С.Р., Холов Ш.Ё., Насриддинов А.С., Мухидинов З.К., Strahan G.D.</i> Строение водорастворимой фракции пектиновых полисахаридов подсолнечника	269
<i>Солиев Д., Ибрагимова Б.М., Жумаев М.Т., Низомов И.М., Мусоджонзода Дж.М.</i> Фазовые равновесия системы $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ при $0^{\circ}C$	277
<i>Иброгимов Д.Э., Гулахмадов Х.Ш., Зайниддинов Т.Н.</i> Физико-химические и экологические аспекты технологии получения биогаза на основе растения находящегося под влиянием выбросов государственного унитарного предприятия «Таджикская алюминиевая компания»	286
<i>Юсуфзода А.Дж., Раджабов С.И., Мусозода С.М.</i> Физико-химическое исследование лактонов подземной части <i>INULA MACROPHYLLA L</i>	294
<i>Содатдинова А.С., Абдурахмонов Б.Ф.</i> Термодинамика комплексообразования Ag(I) с 1-метил-2- меркаптоимидазолом	302
<i>Иброгимов Д.Э., Гулахмадов Х.Ш., Ибрагимова С.И., Зокирова М.А.</i> Влияния экологической обстановки региона на биохимия маслообразовательного процесса в растениях	311
<i>Кабирзода З.О., Раджабов С.И.</i> Модификация трипептида-L-фенилаланил-L-тирозил-3,4- диоксифенилаланина с 2-хлорметилоксираном	319
<i>Савзаева Ш.Х., Назаров Ш.Б., Назаров З.С., Мирсаидов У.</i> Кинетика процесса совместного спекания нефелиновых сиенитов турпи и боросиликатных руд ак-архара с хлоридом магния.....	329

CONTENTS

MATHEMATICS

<i>Odinaev R. N., Mavlonzoda S. H.</i> Mathematical model of cargo transportation of the Republic of Tajikistan at the Rogun HPP premier using linear programming methods	5
<i>Shermatov N., Hakimiyon S.F.</i> Algorithm for generating a correlation table and obtaining regression control	15
<i>Qasimov I. L.</i> Mathematical and computer model of automation of the test and examination schedule in the classical system of study	33
<i>Ahmadi G.S.</i> Development of wireless network as means of monitoring and managing remote systems	40
<i>Nozirov O.O.</i> Estimation of the sums of values of chebyshev functions over all dirichlet characters with respect to a given modulus	48
<i>Kamoliddinov J.</i> About an estimation of two-dimensional koshi's integral conjugated by X	54
<i>Baizhev S., Jumaev B.M.</i> On solutions of one multidimensional overdetermined system without the complete integrability condition	66
<i>Mukhsinov Y.M.</i> On the problem of escape in nonlinear differential games with retarded argument	74
<i>Nimatova M.H., Nimatov H., Abdulazizov A.</i> On a class of problems of integral geometry in three-dimensional space	79
<i>Fathulloev N. I., Arabov M. K.</i> Automation and bank protection works of dams of the Kyzylsu river, Vose district, Khatlon region	87
<i>Jafarov A. S., Mirzoev I.N., Ibronov S.D., Qayumova H.I., Bakhtovari U., Kobuli Z.V.</i> The analytical model of the temperature field of the constructions of a solar adsorption refrigerator in the conditions of periodic thermal impact	94
<i>Odinaev R.N., Gaforov Z.B.</i> Creation of motivation for studying informative and programming subjects in schools, universities on the example of computer modeling of motion cars in the programming language "C ++"	103
<i>Mirzoev S.S.</i> Generalization of a system of equations of the second order of the composite type	110
<i>Jafarov A. S., Mirzoev I.N., Ibronov S.D., Qayumova H.I., Bakhtovari U., Kobuli Z.V.</i> Simulation of the temperature mode of constructs solar adsorption refrigerator	118

PHYSICS

<i>Sultonov N., Hamrokulov R.B., Akobirova A.T.</i> Development of a technology for obtaining polycrystalline cadmium telluride films and studying their structure and electrical properties	130
<i>Kayumov A., Abdullaev S.F., Kayumova D.A.</i> Statistical analysis of the content of heavy metals and isotopes in the composition of atmospheric aerosol and soils of high altitude zones of Tajikistan	147
<i>Samiev S.B., Abdullaev S.F., Safarov M.T., Maslov V.A.</i> Research of the elements in atmospheric aerosol	154
<i>Safarov Sh.R. Oimatova K.Kh., Safarov M.M.</i> Influence of hydrazic nanopowder on change in the specific heat capacity of ternary silicic acid and multilayer carbon nanotube systems depending on temperature	165
<i>Gafurov O.V., Akobirova A.T., Hamrokulov R.B.</i> Structure and radiation defects of γ - irradiated silicon	175
<i>Rajabov T. M.</i> A sailing model of the physical interaction	181
<i>Davlatov O. Sh., Ganiev I.N., Odinzoda H.O., Rajabaliyev S.S.</i> Corrosion-electrochemical behavior of alloy AZH2.4M5.3Mg1.1TS4Kr3 modified with tin	190

CHEMISTRY

<i>Sodatdinova A.S., Safarmamadzoda S.M., Abdurahmonov B.F.</i> Complex compound of silver with 1-methyl-2-mercaptoimidazole	198
<i>Nazarov O.N., Obidov Z.R., Ganiev I.N., Bahodurov Y.F.</i> Oxidation of strontium-doped zinc alloy Zn _{0.5} Al in solid state	208
<i>Shodieva S.F., Zuhurova M.A., Rachinskaya G.F., Khamzaeva G.Ch.</i> Photometric determination of silicon in aluminum alloys	216
<i>Samikhov Sh. R., Lalaenov F.S.</i> The technology of enrichment of polymetallic sulfide ores excellence field	225
<i>Boboeva B.T., Kholikova L.R., Kurbonova M.Z., Murodov D.S.</i> Coordinates complexation zinc (II) with 1,5 - difenilpentadien - 2,4 - 1 - on.....	232
<i>Mamadshoeva S.S., Jafari B., Khalikova M.J., Naimov I., Samikhov Sh.R., Peter L., Safarov S.Sh.</i> Preparation of 2-aryl-7-trifluoromethyl -5-oxo-5h -1,3,4-thiadiazolo [3,2-a] pyrimidine	242
<i>Gulov T.Y., Bandaev S.G., Fedotov A.N., Mochalov S.S.</i> Cyclic ions from 1-(2 - nitrophenyl)- and 1 - (4-bromo-2-nitrophenyl) - 3-bromopropanols and their esters	253
<i>Nizomov M.M., Kurbonova F. Sh., Safarov S. I.</i> Research of the process of thermolysis of oxochloro - N - acetylthiurea rhenium (V) complex	261
<i>Jonmurodov A.S., Ikromi Kh.I., Usmanova S.R., Kholov Sh. Y., Nasriddinov A.S., Muhidinov Z.K., Strahan G.D.</i> Structure of water soluble fraction of the pectic polysaccharides from sunflower.....	269

Soliev L., Ibragimova B.M., Zhumaev M.T., Nizomov I.M., Musajonzoda J.M. Phase balance in system $K_2SO_4-K_2CO_3-KHCO_3-KF-H_2O$ at $0^{\circ}C$	277
Ibragimov D.E., Zainiddinov T.N., Gulakhmadov H.Sh. Physico - chemical and environmental aspects of the technology of producing biogas on the basis of plants affected by emissions of a state unitary enterprise "Tajik Aluminum Company"	286
Yusufzoda A.J., Rajabov S.I., Musozoda S.M. Physico-chemical study of lactones in the underground part of <i>INULA MACROPHYLLA</i> L	294
Sodatdinova A.S., Abdurahmonov B.F. Thermodynamics of Ag(I)complex formation with 1-methyl-2-mercaptoimidazole	302
Ibragimov D.E., Gulakhmadov H. Sh., Ibragimova S. I., Zokirova M.A. The influence of the ecological situation of the region on the biochemistry of the oil-forming process in plants	311
Kabirzoda Z.O., Rajabov S.I. Modification tripeptide-L-phenylalanil-L- tyrozil-3,4-dioxyphenylale with 2-chlormethoxyran	319
Savzaeva Sh.H., Nazarov Sh.B., Nazarov Z.S., Mirsaidov U. Kinetics of the joint sintering process nurphelin syenites turpy and borosilicate ak-archar ore with magnesium chloride	329

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Требования к научным статьям, поступающим в научный журнал «Вестник Таджикского национального университета» Серия естественных наук»

Все поступающие в редакцию журнала научные статьи должны соответствовать следующим требованиям: а) статья должна быть написана с соблюдением установленных требований журнала; б) статья должна быть результатом научных исследований; в) статья должна соответствовать одному из направлений (разделов) журнала.

Все поступающие в редакцию материалы проверяются на наличие заимствований из открытых источников (плагиат), проверка выполняется с помощью системы Antiplagiat. Статьи, содержащие элементы плагиата, автоматически снимаются с рассмотрения, а авторы лишаются возможности опубликовать свою работу в журнале.

Требования к оформлению научных статей:

Статья должна быть подготовлена в формате Microsoft Word, шрифтом Times New Roman, кегль 14, поля 2,5 см со всех сторон, интервал полуторный.

Объем статьи (включая аннотацию и список литературы) должен быть в пределах от 15 до 20 стр. формата А4 (не более чем 30-и страниц).

Статья должна иметь следующую структуру:

– индекс УДК (индекс можно получить в любой научной библиотеке);
– название статьи;

– фамилия и инициалы автора (ов) (например, Шарипов Д.М.);

– название организации, в которой работает автор статьи;

– аннотация и ключевые слова

– основной текст статьи;

– название статьи, аннотация и ключевые слова оформляются на трех языках (на таджикском, русском и английском языках). Аннотация не должна быть меньше 150 слов, ключевые слова оформляются в объеме от 7 до 10 слов или словосочетаний;

– список использованной литературы (не менее 20-30 наименований научной литературы) должны быть за последние 15-20 лет (издания не ранее 2000 г.), более ранние ссылки не должны превышать 10%. Список литературы оформляется согласно требованиям ГОСТ 7.1-2003 и ГОСТ 7.0.5-2008, и в 2 вариантах: 1) в оригинальном написании (таджикский, русский, английский); 2) все источники должны быть указаны (переведены) на английском языке;

– информация об авторе на русском и английском языках. Здесь указываются ФИО автора полностью, ученая степень, ученое звание (если имеются), название организации, в которой работает автор (авторы), должность автора (авторов) в данной организации, телефон, e-mail, а также почтовый адрес с место работы автора. При цитировании конкретного материала ссылки указываются в квадратных скобках [].

Таблицы, схемы, диаграммы и рисунки должны быть черно - белым, и нужно их сгруппировать и пронумеровать. Таблицы, схемы, диаграммы и рисунки должны иметь название на русском и английском языках.

При электронной подаче статьи необходимо представить 1 экземпляр статьи в распечатанном виде.

Статьи, не рекомендованные рецензентами к печати, не публикуются и не возвращаются авторам.

**ВЕСТНИК
ТАДЖИКСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
Серия естественных наук**

Научный журнал «Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук» основан в 2012 г. Выходит 4 раз в год. Печатная версия журнала зарегистрирована в Министерстве культуры Республики Таджикистан. Журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Журнал принимает научные статьи по следующим отраслям науки: математика (01.01.00), физика (01.04.00) и химические науки (02.00.00).

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), регулярно предоставляет в РИНЦ информацию в виде метаданных.

Полнотекстовая версия журнала доступна на сайте издания (www.vestnik-tnu.com).

**ВЕСТНИК
ТАДЖИКСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
Серия естественных наук**

2020. №4.

Над номером работали:

Ответственный редактор: М.Ибодова
Редактор серии естественных наук: Д.А.Назарова
Редактор таджикского языка: Ш.Абдуллоева
Редактор русского языка: О.Ашмарин
Редактор английского языка: М.Асадова

**Издательский центр
Таджикского национального университета
по изданию научного журнала
«Вестник Таджикского национального университета.
Серия естественных наук»:**

734025, Республика Таджикистан, г.Душанбе, проспект Рудаки, 17.

Сайт журнала: www.vestnik-tnu.com

E-mail: vestnik-tnu@mail.ru

Тел.: (+992 37) 227-74-41

Отпечатано в типографии ТНУ
734025, г.Душанбе, ул.Айни, 32.
Формат 70x108/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 200 экз. Уч. изд. л. 8,5, усл. п.л. 8.
Подписано в печать 17.12.2020. Заказ №2020/00-00